

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS



INFORME DE RECURSOS MINERAIS,
Série Rochas e Minerais Industriais N.º 36

Recife - 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Interina

Lília Mascarenhas Sant' Agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Pedro Paulo Dias Mesquita

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Patrick Araujo dos Santos

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais

Michel Marques Godoy

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patricia Duringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

David telles

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Américo Caiado Pinto

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Lucas Victor de Alcantara Estevão

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

SUPERINTENDENTE REGIONAL

Adriano da Silva Santos

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Felipe José da Cruz Lima

Roberta Galba Brasilino

Chefe do Núcleo de Apoio de Natal

Maria da Guia Lima

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS

ORGANIZADORES

Klaryanna Cabral Alcantara
Michel Marques Godoy
Felipe José da Cruz Lima

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 36



Recife
2022

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Recife

ORGANIZAÇÃO

Klaryanna Cabral Alcantara
Michel Marques Godoy
Felipe José da Cruz Lima

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Klaryanna Cabral Alcantara

2. Aspectos Socioeconômicos e Infraestrutura

Klaryanna Cabral Alcantara
Maria Angélica Fonseca Sampaio

3. Contexto Geológico

Klaryanna Cabral Alcantara
Maria Angélica Fonseca Sampaio

4. Potencialidade Mineral e Tipologia dos Depósitos

Klaryanna Cabral Alcantara

5. Lavra e Beneficiamento

Klaryanna Cabral Alcantara

6. Mineração e Meio Ambiente

Klaryanna Cabral Alcantara

7. Direitos Minerários

Klaryanna Cabral Alcantara

8. Aspectos Econômicos

Gustavo Alexandre Silva

9. Conclusões

Klaryanna Cabral Alcantara

Referências

Klaryanna Cabral Alcantara

Anexos

Mapa Geológico da Região Metropolitana de Maceió e Adjacências/Mapa de Recursos e Potencial Mineral da Região Metropolitana de Maceió e Adjacências.

(<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22478>)

Klaryanna Cabral Alcantara
Maria Angélica Fonseca Sampaio
Michel Marques Godoy
Felipe José da Cruz Lima

SIG GEOLÓGICO

Ana Paula Rangel Jacques
Janaína Marise França de Araújo
Estagiário: Flavio Cristiano Saldanha Ferreira de Oliveira

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

P963

Projeto materiais de construção da região metropolitana de Maceió e Adjacências / Organizadores Klaryanna Cabral Alcantara, Michel Marques Godoy, Felipe José da Cruz Lima.- Recife : CPRM, 2022. 1 recurso eletrônico : PDF. – (Informe de recursos minerais. Sérierochas e minerais industriais ; 36)

Avaliação dos recursos Minerais do Brasil
ISBN 978-65-5664-264-2

1.Geologia econômica. 2.Minerais industriais. I. Alcantara, Klaryanna Cabral (org.). II. Godoy, Michel Marques (org.). III. Lima, Felipe José da Cruz. IV. Título. V. Série.

CDD 553

APOIO TÉCNICO

LABORATÓRIO SUREG=RE

Renato Teles Souto

ATIVIDADE DE CAMPO

Klaryanna Cabral Alcantara
Maria Angélica Fonseca Sampaio
Vanildo Almeida Mendes (In memoriam)
Gustavo Alexandre Silva

ANÁLISES PETROGRÁFICAS

Maria Angélica Fonseca Sampaio
Andréa Beltrão Finamor

ANÁLISES GRANULOMÉTRICA E MINERALÓGICA SEMIQUANTITATIVA (LABORATÓRIO SUREG-PA)

João Henrique Wustrow Castro

CARTOGRAFIA DIGITAL E GEOPROCESSAMENTO

Ana Paula Rangel Jacques
Janaína Marise França de Araújo
Flávio Cristiano Saldanha Ferreira de Oliveira (Estagiário)

REVISÃO FINAL

Michel Marques Godoy
Ângela Pacheco Lopes
Marcelo Ferreira da Silva
Vladimir Cruz de Medeiros
Felipe José da Cruz Lima

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (SUREG-RE)

Raphael Silva Tavares

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Terezinha de Jesus Fôro

REVISÃO FINAL

Irinéa Barbosa da Silva

FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

1. Conjunto de correia transportadora utilizado para formação da pilha do produto final, Murici/AL;
2. Lavra de argila por desmonte mecânico, em Marechal Deodoro/AL;
3. Extração de areia por desmonte mecânico, em Marechal Deodoro/AL;
4. Lavra de calcário a céu aberto com três bancadas, na localidade de São Miguel dos Campos/AL.

CRB-7/5662

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) tem a satisfação de disponibilizar, à comunidade geocientífica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral, o Informe de Recursos Minerais, Série Rochas e Minerais Industriais número 36, Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió e Adjacências, resultado da ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Esta ação consiste em projetos que visam estimular a pesquisa e a produção mineral brasileira, com foco em suprimento de matérias-primas essenciais para construção civil e desenvolvimento de grandes obras de infraestrutura no Brasil. O projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de Recife, com supervisão nacional da Divisão de Minerais Industriais (DIMINI) e coordenação geral do Departamento de Recursos Minerais (DEREM). A Região Metropolitana de Maceió (RMM) conta com 13 municípios, mas o projeto incluiu um município das adjacências, totalizando 14 municípios, em uma área de 3.612 km², que abrigava, em julho de 2017, uma população da ordem de 1.281.973 habitantes. Um dos problemas básicos do setor produtivo mineral em regiões metropolitanas é a disputa do espaço físico com outras atividades de uso e ocupação do solo. A população, de um lado, em seus justos anseios por melhor qualidade de vida, incluindo serviços de saneamento, transportes e moradia, e o setor mineral, de outro, são os principais beneficiários deste informe que apresenta as principais áreas potenciais para insumos minerais para construção na RMM. Neste sentido, o SGB-CPRM entrega à comunidade o presente informe de recursos minerais, o qual apresenta os resultados dos levantamentos socioeconômico e de potencial mineral, que produziram análises e ensaios tecnológicos dos materiais estudados, além de mapas temáticos Geológico e Recursos e Potencial Mineral para Materiais de Construção da RMM. A publicação busca enfatizar o papel da informação geológica como indutor no desenvolvimento do setor mineral no país, além de estimular e atrair investimentos, com efeitos na geração de empregos, renda e desenvolvimento social, à luz da sustentabilidade ambiental. Por meio deste trabalho, procura-se, especialmente, atender à expectativa dos empresários do setor mineral, dos gestores públicos e da comunidade geocientífica de um modo geral. Os resultados, integrados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), estão disponíveis no banco de dados corporativo do SGB-CPRM (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

Pedro Paulo Dias Mesquita

Diretor-Presidente

Márcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

Este trabalho reúne informações de interesse do setor mineral voltado para a construção civil, referentes à Região Metropolitana de Maceió (RMM) e adjacências, estado de Alagoas, Brasil. Engloba a análise da infraestrutura e dos aspectos socioeconômicos da região, considerando o contexto geológico, o potencial mineral e o perfil dos insumos para a construção civil, a mineração e o meio ambiente, os métodos de lavra e o beneficiamento, os direitos minerários e a legislação. Objetivando cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos, através de reconhecimento geológico das principais unidades estratigráficas aflorantes da região, em áreas com potencialidade para extração de argila, areia, granitoides para uso como brita, saibro e material de empréstimo. Ao descrever cada um desses insumos minerais, foram abordados alguns pontos, como: localização; tipologia dos depósitos; e caracterização tecnológica. Além disso, foram discutidas a avaliação dos recursos potenciais e a correlação entre as ocorrências minerais estudadas e o contexto geológico regional, a fim de detectar a existência de novas fontes de suprimento. Foram descritas e cadastradas 137 ocorrências minerais, dentre ocorrências, depósitos e minas ativas ou paralisadas. Efetuou-se a caracterização tecnológica das areias (análises granulométricas e mineralógicas), argilas vermelhas (ensaios cerâmicos) e rochas utilizadas como brita (análise petrográfica), com a finalidade de definir a melhor aplicabilidade desses insumos na construção civil. A partir dos dados obtidos, foi elaborado um diagnóstico técnico-econômico referente aos insumos minerais aqui abordados, considerando-se produção, capacidade instalada, consumo e impactos ambientais decorrentes da atividade minerária, com sugestões quanto à sustentabilidade da produção mineral e ao atendimento da demanda futura. Ainda, foram produzidos os mapas geológico e de potencial mineral. Como consequência, foram identificadas 11 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areia, cascalho, saibro, calcário, assim como argilas para cerâmica vermelha e industrial. Adicionalmente, outra significativa contribuição do projeto decorre da discussão sobre o conflito entre a expansão urbana e a exploração das reservas minerais da região. Nesse contexto, é vital que os agentes públicos antecedam, em projetos de ordenamento territorial, a análise e resolução dos conflitos socioambientais gerados pela mineração. Ao mesmo tempo, é imprescindível que os órgãos governamentais delimitem áreas com restrição à expansão urbana, notadamente aquelas potencialmente produtoras de insumos para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: AREIA; ARGILA; BRITA; MATERIAL DE EMPRÉSTIMO; SAIBRO; CONSTRUÇÃO CIVIL; MACEIÓ.

ABSTRACT

This work gathers information of interest to the mineral sector focused on civil construction, referring to the Metropolitan Region of Maceió (RMM) and Adjacencies, State of Alagoas, Brazil. It encompasses the analysis of the infrastructure and socioeconomic aspects of this region. In addition, it also takes into account the following: geological context; mineral potential and profile of inputs for civil construction; mining and environment; mining and processing methods; mining rights; and legislation. Aiming at registering, researching and evaluating deposits, through geological reconnaissance of the main stratigraphic units outcropping in the area in question, in areas with potential for the extraction of clay, sand, granitoids for use as gravel, gravel and loan material. When describing each of these mineral inputs, some points were addressed such as: location; typology of deposits; and technological characterization. In addition, the assessment of potential resources was discussed; and the correlation between the studied mineral occurrences and the regional geological context, in order to detect the existence of new sources of supply. 137 mineral occurrences were described and registered, among occurrences, deposits, active or paralyzed mines. The technological characterization of sands (particle size and mineralogical analysis), red clays (ceramic tests) and rocks used as gravel (petrographic analysis) was carried out in order to define the best applicability of these inputs in civil construction. From the data obtained, a technical and economic diagnosis was prepared regarding the mineral inputs discussed here, considering production, installed capacity, consumption and environmental impacts arising from the mining activity, with suggestions on the sustainability of mineral production and meeting future demand. Also, for the area under study, Geological and Mineral Potential maps were produced. As a result, 11 areas potentially favorable to the exploitation of gravel, sand, gravel, gravel, limestone, as well as clays for red and industrial ceramics were identified. Additionally, another significant contribution of this project stems from the discussion about the conflict between urban expansion and the exploitation of mineral reserves in the region. In this context, it is vital that public agents anticipate, in territorial planning projects, the analysis and resolution of socio-environmental conflicts generated by mining. At the same time, it is essential that government agencies delimit areas with restrictions on urban expansion, especially those potentially producing inputs for civil construction.

KEYWORDS: SAND; CLAY; BRITA; LOAN MATERIAL; CLAY; CONSTRUCTION; MACEIÓ

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	10
1.2. LOCALIZAÇÃO.....	10
1.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
1.3.1. Etapa preparatória – levantamento de dados.....	11
1.3.2. Etapas de campo - realização de ensaios tecnológicos e análises	12
1.3.3. Etapa final – apresentação dos resultados.....	12
1.4. DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO	12
2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA	13
2.1. ASPECTOS FISIográficos	13
2.2. REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS	13
2.2.1. Índice de desenvolvimento humano (IDH)	13
2.2.2. Produto Interno Bruto (PIB).....	16
2.2.3. Economia	16
2.2.4. Turismo	17
2.3. INFRAESTRUTURA.....	18
2.3.1. Rodovias	18
2.3.2. Ferrovias	18
2.3.3. Aeroportos	18
2.3.3.1. Aeroporto Internacional de Maceió.....	18
2.3.4. Portos	18
2.3.4.1. Porto de Jaraguá	18
3. CONTEXTO GEOLÓGICO	20
3.1. UNIDADES PALEOPROTEROZOICAS	20
3.1.1. Complexo Arapiraca (PP23car)	20
3.2. UNIDADES NEOPROTEROZOICAS.....	20
3.2.1. Complexo Belém do São Francisco (NP1bf).....	20
3.3. MAGMATISMO EDIACARANO / BRASILIANO	21
3.3.1. Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3y2it).....	21
3.3.1.1. Granitoides Indiscriminados (NP3yi)	21
3.4. UNIDADES FANEROZOICAS	22
3.4.1. Unidades Mesozoicas	22
3.4.1.1. Formação Morro do Chaves (K1mc)	22
3.4.1.2. Formação Coqueiro Seco (K1cs).....	22
3.4.1.3. Formação Poço (K1poc).....	23
3.4.1.4. Formação Maceió (K1mac).....	23
3.4.2. Coberturas Cenozoicas.....	23
3.4.2.1. Grupo Barreiras (ENb)	23
3.4.2.2. Coberturas Quaternárias.....	24
3.4.2.2.1. Depósito Fluvialagunar (Q2fl)	24
3.4.2.2.2. Depósito de Pântanos e Mangues (Q2pm).....	24
3.4.2.2.3. Depósito Litorâneo (Q2l)	24
3.4.2.2.4. Depósito Aluvionares (Q2a).....	24

4. POTENCIALIDADE MINERAL E TIPOLOGIA DOS DEPÓSITOS	26
4.1. INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL DA RMM E ADJACÊNCIAS	26
4.1.1. Introdução	26
4.1.2. Conceituação	26
4.1.2.1. Areia	27
4.1.2.2. Argila	27
4.1.2.3. Brita	28
4.1.2.4. Calcário	29
4.1.2.5. Saibro	29
4.1.2.6. Cascalho	29
4.2. POTENCIALIDADE MINERAL DA RMM E ADJACÊNCIAS	29
4.3. TIPOLOGIA DOS JAZIMENTOS E CARACTERIZAÇÃO MINERAL DOS INSUMOS DA RMM E ADJACÊNCIAS	31
4.3.1. Areias	31
4.3.1.1. Cobertura Arenosa	31
4.3.1.2. Leito de rio	37
4.3.1.3. Terraço aluvionar	38
4.3.1.4. Areia industrial (artificial)	38
4.3.1.5. Caracterização tecnológicas das areias	39
4.3.2. Brita e Paralelo	42
4.3.2.1. Rochas magmáticas	42
4.3.2.2. Rochas metamórficas	44
4.3.2.3. Caracterização petrográfica	44
4.3.2.4. Reação álcali-agregado	45
4.3.3. Argilas para cerâmica	47
4.3.3.1. Argila aluvionar	47
4.3.3.2. Argila residual	51
4.3.3.3. Argila sedimentar/formacional	52
4.3.3.4. Caracterizações tecnológicas e química das argilas	52
4.3.4. Saibro	57
4.3.5. Cascalho	57
4.3.6. Rochas calcárias	65
4.3.6.1. Calcário	65
4.3.6.2. Caracterização petrográfica	65
5. LAVRA E BENEFICIAMENTO	67
5.1. BRITA	67
5.1.1. Lavra	67
5.1.2. Carregamento e transporte	68
5.1.3. Beneficiamento	68
5.1.4. Paralelos (paralelepípedos)	69
5.2. AREIA	69
5.2.1. Lavra	70
5.2.2. Beneficiamento	71
5.3. ARGILAS	71
5.3.1. Lavra	71
5.3.2. Beneficiamento (produtos cerâmicos)	71
5.4. SAIBRO E CASCALHO	72
5.5. CALCÁRIO	73
5.5.1. Lavra	73
5.5.2. Beneficiamento (cimento)	73

6. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE.....	74
6.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	74
6.2. CONCEITOS	74
6.3. ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	74
6.4. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO	74
6.4.1. Decapeamento e abertura de acessos	74
6.4.2. Lavra por desmonte com explosivos e escavação mecanizada	76
6.4.3. Lavra por dragagem.....	77
6.4.4. Estocagem de minério e deposição de estéreis e rejeitos	78
6.4.5. Britagem	78
6.4.6. Expedição e transporte de carga.....	79
6.5. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	79
7. DIREITOS MINERÁRIOS.....	81
7.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE DIREITOS MINERÁRIOS.....	81
7.2. ASPECTOS LEGAIS.....	81
7.2.1. Licenciamento.....	81
7.2.2. Regime de Autorização e Concessão	82
7.2.3. Regimes de Extração e Permissão de Lavra Garimpeira	82
7.3. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS.....	83
7.3.1. Emolumentos	83
7.3.2. Taxa anual por hectare (TAH).....	83
7.3.3. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)	83
7.4. OS DIREITOS MINERÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS	84
8. ASPECTOS ECONÔMICOS	91
8.1. MERCADO	91
8.1.1. Agregados para construção civil (areia e brita)	91
8.1.2. Argila para cerâmica vermelha.....	92
8.1.3. Produção de cimento e calcário	92
8.1.4. Material de empréstimo	94
8.2. ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO PARA OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, SELECIONADOS, MOVIMENTADOS NA RMM E ADJACÊNCIAS	94
8.3. ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO	94
8.4. RECURSOS HUMANOS	94
8.5. CONSUMO E PREÇOS PRATICADOS NA COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS NA RMM E ADJACÊNCIAS	94
8.5.1. Preços praticados na comercialização dos produtos na RMM	96
8.6. PERSPECTIVAS ECONÔMICAS	96
8.6.1. Indústria da construção civil.....	97
8.6.2. Perspectivas para o setor de materiais de construção civil na RMM	99
9. CONCLUSÕES	101
9.1. BRITA.....	101
9.2. AREIA	101
9.3. ARGILA.....	102
9.4. SAIBRO E CASCALHO.....	102
9.5. CALCÁRIO	102
9.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	105

ANEXO.....	108
ANEXO I	
MAPA GEOLÓGICO	109
ANEXO II	
MAPA DE RECURSOS E POTENCIAL MINERAL	111
ANEXO III	
ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA	113
ANEXO IV	
ANÁLISES MINERALÓGICAS SEMIQUANTITATIVAS DE AREIA	121
ANEXO V	
ANÁLISES E ENSAIOS DE ARGILA	125
ANEXO VI	
DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS.....	350
DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS REALIZADAS NA SUREG/PA	351
DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS REALIZADAS NA SUREG/RE	396

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Insumos para Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió e adjacências constitui uma ação da Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), e está inserido no Programa de Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

O trabalho foi realizado no período entre março de 2018 e maio de 2021, sob a responsabilidade do Departamento de Recursos Minerais (Derem), com apoio da Divisão de Rochas e Minerais Industriais (Dimini), sendo executado pela Superintendência de Recife (Sureg-RE).

1.1. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O objetivo principal do projeto foi fornecer dados essenciais para o abastecimento sustentável de materiais para construção civil na Região Metropolitana de Maceió e adjacências e disponibilizar informações técnicas que possibilitem a gestão da atividade mineira e planejamento das obras de infraestrutura para as instituições públicas do estado de Alagoas, além de gerar emprego e renda.

Para isso, o procedimento adotado foi cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos de substâncias minerais utilizadas na indústria da construção civil, por meio do reconhecimento geológico na escala de 1:150.000 (numa área de aproximadamente 3.220 km²), ao longo dos principais litotipos aflorantes na área. Além de conferir as condições atuais de produção, comercialização e preços em áreas com potencialidade para extração de argila, areia, granitoides para produção de brita e paralelos, e de outros materiais com emprego direto na construção civil, como material de empréstimo.

Dentre os insumos minerais mais consumidos no mundo e, conseqüentemente, mais relevantes em termos de quantidades, estão as matérias-primas minerais para a construção civil. Mesmo sendo abundantes e com baixo valor unitário, o consumo desses bens é um importante marcador no perfil socioeconômico e de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana. Dessa forma, é fundamental que sempre existam meios de divulgação da situação do setor, pelos quais se possam tomar decisões que visem o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida.

Vale salientar, que o suprimento de substâncias minerais para construção civil nas regiões metropolitanas do país vem sendo agravado não apenas pela expansão urbana recobrando áreas com potencial mineral, como

pelas lavras informais que provocam crescentes preocupações ambientais. Na Região Metropolitana de Maceió (RMM) e adjacências, além dos fatores já citados, as extensas plantações de cana-de-açúcar também se sobrepõem em áreas com eventual potencialidade mineral.

Os estudos aqui propostos têm a finalidade de contribuir para a descoberta de novas áreas potenciais para os insumos para construção civil. As informações poderão subsidiar também a elaboração de um Plano Diretor de Mineração Regional, que possibilitará o auxílio na recuperação de áreas degradadas, bem como prevenir e/ou minimizar possíveis danos ao meio ambiente, com o incremento da exploração de futuros depósitos. Trata-se, portanto, de um estudo que contempla as três variáveis do desenvolvimento sustentável: (I) preocupação com o crescimento econômico da região; (II) aspecto social (geração de emprego, barateamento do preço de material de construção, acesso à moradia); e (III) proteção do meio ambiente (por meio de uma exploração tecnicamente acompanhada e gerenciada).

1.2. LOCALIZAÇÃO

A área do projeto situa-se no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil, compreendendo a Região Metropolitana de Maceió (RMM). O território abrange os municípios de Maceió, Rio Largo, Marechal Deodoro, Pilar, Barra de São Miguel, Barra de Santo Antônio, Messias, Satuba, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Paripueira, Atalaia e Murici, e o município de São Miguel dos Campos, que está no entorno, cuja localização está representada na Figura 1.1.

Esses municípios estão inseridos em cinco folhas topográficas 1:100.000 (União dos Palmares; Rio Largo; Porto Calvo; São Miguel dos Campos; e Maceió; respectivamente, SC.24-X-D-III; SC.24-V-C-I; SC.24-V-C-II; SC.24-X-D-I; e SC.24-V-C-IV), perfazendo uma área aproximada de 3.220 km², sendo limitada pelas coordenadas 09°08' e 09°53' de latitude Sul e 35°26' e 36°15' de longitude W de Greenwich (Figura 1.2). Na área do projeto, são 1.330.291 pessoas que vivem na Região Metropolitana de Maceió, mais 60.775 no município de São Miguel dos Campos (IBGE, 2018). O acesso à área é realizado, principalmente, pelas rodovias BR-101, BR-104, BR-316 e AL-101, AL-105, AL-215, AL-220 e AL-401.

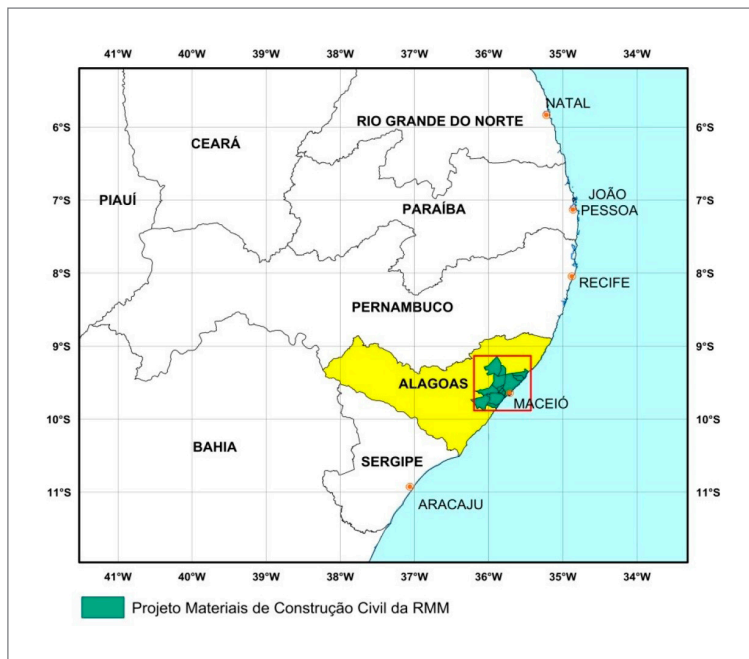


Figura 1.1 - Localização do projeto e municípios abrangidos.

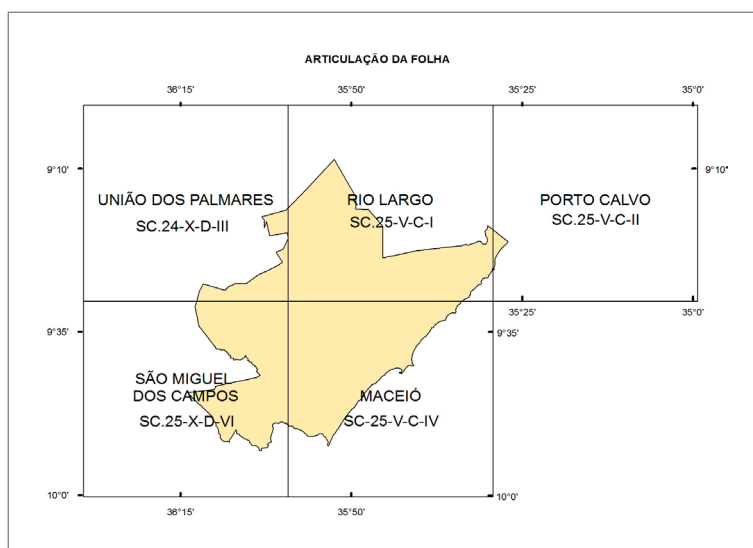


Figura 1.2 - Articulação das folhas 1:100.000.

1.3. MATERIAIS E MÉTODOS

A execução deste trabalho obedeceu a sistemática desenvolvida pelo SGB-CPRM na elaboração de projetos da Divisão de Minerais e Rochas Industriais (Dimini), que compreenderam as seguintes etapas:

1.3.1. Etapa preparatória - levantamento de dados

Esta fase compreendeu pesquisa e análise bibliográfica, na qual foram reunidos e consultados relatórios, artigos, trabalhos, teses, listagens de recursos minerais e mapas temáticos (cartográfico, geológico, recursos

minerais, direitos minerários e conservação ambiental) realizados por outras instituições, além dos executados pelo SGB-CPRM, como também pesquisa na *Web*, em especial, na página da Agência Nacional de Mineração (ANM), com o levantamento das áreas oneradas para exploração de insumos para construção civil. A partir da integração dos dados disponíveis em ambiente SIG, foram realizadas avaliações prévias de ocorrências/depósitos em bases cartográficas, juntamente com mapas geológicos e imagens de satélite da área do projeto. Através da montagem da base de dados e do mapa de serviço preliminar com o traçado das áreas potenciais (escala 1:150.000), foram selecionados pontos para verificação em campo.

1.3.2. Etapas de campo - realização de ensaios tecnológicos e análises

Nas etapas de campo, realizadas entre 2018 e 2019, foram utilizadas imagens do Google Earth para demarcação de manchas urbanas e locais de extração dos insumos usados na construção (areia, argila, granitoide para produção de brita, saibro, cascalho e laterita). Esses dados contribuíram para o planejamento de campo.

Foram visitadas as lavras ativas e inativas e as empresas detentoras destes títulos, bem como as unidades produtoras. Conjuntamente, foram realizados a checagem e o cadastramento de depósitos e ocorrências, tanto dos já conhecidos, quanto dos novos, presentes na área desse projeto. Em determinados depósitos foram coletadas amostras para realização de análises e ensaios, com o intuito de testar as características físico-químicas, mineralógicas e tecnológicas dos materiais identificados e das amostras coletadas, a fim de definir a sua eventual potencialidade. Ainda, foram coletados dados acerca da geomorfologia da área de extração, as litologias aflorantes e a estratigrafia dos depósitos. Durante essa fase foi estudado o controle geológico dos jazimentos, seguido da seleção de áreas-alvo para dimensionamento dos recursos geológicos disponíveis. Em paralelo, efetuou-se o levantamento dos impactos causados ao meio ambiente pela atividade mineira, com a elaboração de documentação fotográfica.

Para cadastramento dos pontos, foi utilizado equipamento GPS, com projeção WGS 1984 e cartas topográficas na escala 1:100.000.

As amostras de areia e argila coletadas em campo foram enviadas aos laboratórios com a finalidade de caracterizar e avaliar a aplicação na indústria da construção civil. As amostras de areia foram preparadas no laboratório do SGB-CPRM na Superintendência de Porto Alegre, onde foram obtidos os resultados das análises granulométricas e mineralógicas. Os ensaios cerâmicos de argila foram executados pelo Centro de Tecnologias de Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER) de Natal (RN),

onde as amostras foram submetidas aos procedimentos de caracterização de argila, análises microscópicas, análises térmicas e ensaios tecnológicos. Os blocos de rocha coletados para confecção e descrição de lâminas petrográficas foram especificados pelas Superintendências de Recife e de Porto Alegre.

Nessa fase, também, realizou-se a coleta de informações sobre o mercado produtor e consumidor desses bens minerais.

1.3.3. Etapa final - apresentação dos resultados

Compreendeu a análise, interpretação e integração de todos os dados obtidos, incluindo a consolidação das informações de campo, com a elaboração do Informe de Recursos Minerais e do banco de dados em formato SIG, utilizando-se o software ArcGIS 10.7. Basicamente, a publicação é composta por um texto sucinto, acompanhado de dados de localização, contexto geomorfológico/geológico, composição mineralógica, resultados de ensaios tecnológicos e de emprego dos materiais estudados. Os mapas de potencialidades e geológico da área do projeto, ambos na escala 1:150.000, estão anexados no Informe.

1.4. DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

05 etapas de campo;

70 dias de campo;

137 pontos descritos (minas, garimpos, ocorrências), sendo: areia (56); argila (32); saibro (33); cascalho (01); calcário (02); e granitoides (13).

07 pontos revisitados;

124 amostras coletadas, sendo: argila (24); areia (44); saibro (26); brita (06); pó de brita (04); bloco de granitoide (19); e calcário (01);

20 descrições petrográficas;

07 análises granulométricas e 03 análises mineralógicas para areia;

16 amostras de argila analisadas e com ensaios tecnológicos.

2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E INFRAESTRUTURA

2.1. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A Região Metropolitana de Maceió e adjacências apresentam clima quente e úmido, que segundo a classificação climática de Köppen, corresponde ao tipo As, caracterizado por apresentar-se sem grandes diferenças térmicas e precipitação concentrada no outono e inverno, especialmente entre abril e agosto, sendo maio e junho os meses de maior precipitação. As temperaturas médias mensais oscilam em torno de 25°C. A máxima mensal atinge 29°C e a mínima 22°C. A umidade relativa do ar é, em média, de 78%. No verão, a máxima atinge 30°C, podendo aumentar até 35°C nos dias mais quentes, e as mínimas de 22°C. No inverno, a máxima é de 27°C, ocorrendo alguns dias nos quais a temperatura não passa dos 23°C. Já a mínima é de 21°C, também com dias em que pode chegar a 17°C na madrugada (INMET, 1979).

A região situa-se na faixa costeira do nordeste oriental, inserida nos domínios da Mata Atlântica. Apresenta vegetações herbácea e arbustiva, associadas a um sistema regulado de chuvas.

2.2. REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS

A Região Metropolitana de Maceió (RMM) foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 18 de 19 de novembro de 1998, compreendendo os municípios de Maceió, Rio Largo, Marechal Deodoro, Pilar, Barra de São Miguel, Barra de Santo Antônio, Messias, Satuba, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, e Paripueira. Posteriormente, em 2013, o município de Atalaia foi acrescentado pela Lei Complementar Estadual nº 38 de 2013; em 2014, o município de Murici também foi adicionado por meio da Lei Complementar Estadual nº 40 de 2014. O município de São Miguel dos Campos faz parte das adjacências da RMM. Sua área de influência inclui todo o território de Alagoas, o norte de Sergipe e partes do sul de Pernambuco.

As Tabelas 2.1 e 2.2 exibem a relação dos municípios constituintes da região. A primeira mostra as coordenadas geográficas e a distância entre os municípios e a capital Maceió. Enquanto a segunda evidencia os valores socioeconômicos para cada um dos municípios, segundo dados IBGE-2010.

O município de Maceió, capital do estado de Alagoas, constitui o principal centro urbano da RMM. Distanto

1.920 km de Brasília, conta com uma área total de aproximadamente 509 km², e abrigava, em 2017, segundo o IBGE, uma população de mais de um milhão de habitantes (1.012.382), enquanto a população da região metropolitana era de 1.330.291 habitantes.

A área ocupada pelos municípios da RMM é de 2.858,92 km² (10,26% do território estadual), e sua população, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, atingiu 1.175.846 habitantes (37,68% da população do estado de Alagoas, que em 2010 era de 3.120.494 habitantes). Em área territorial, o maior município da RMM é Atalaia (533,26 km²) e o menor é Santa Luzia do Norte (28,86 km²).

Com relação ao crescimento populacional, apenas o município de Satuba apresenta um decréscimo com relação à estimativa de habitantes, pois foi reduzido de 14.603 para 13.716 moradores. Em contrapartida, a capital Maceió passou de 932.748 para 1.012.382 habitantes, segundo estimativas IBGE (2017). Atualmente, a RMM ocupa a 23ª posição na estimativa populacional para as regiões metropolitanas do Brasil (Tabela 2.3), sendo a 6ª do Nordeste.

Esse diagnóstico do crescimento da população representa um fator essencial que deve ser levado em consideração nos estudos de áreas potenciais para extração de matéria-prima mineral para construção civil, onde muitos depósitos foram esterilizados pelo avanço desordenado da urbanização nos últimos anos. O crescimento das cidades envolveu e inviabilizou áreas em atividade de exploração ou áreas com depósitos não explorados que poderiam ser lavrados por décadas.

2.2.1. Índice de desenvolvimento humano (IDH)

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é importante para subsidiar políticas públicas e fornecer à população e aos gestores municipais ferramentas para acompanhamento e promoção de melhorias. Esse índice tem escala numérica que varia de 0 a 1, dividido em muito baixo (0 a 0,499), baixo (0,5 a 0,599), médio (0,6 a 0,699), alto (0,7 a 0,799) e muito alto (0,8 a 1,0) IBGE (2010).

O IDHM da capital, Maceió, é de 0,721, que é considerado alto se comparado ao IDHM do resto do estado, porém colocando-a na última posição entre as capitais estaduais brasileiras. A média do IDHM dos municípios constituintes deste projeto é de 0,605 (IBGE, 2010).

Tabela 2.1 - Distância dos Municípios à Capital Maceió e Coordenadas Geográficas.

MUNICÍPIOS	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA		ALTITUDE MÉDIA NAS SEDES MUNICIPAIS (M)	DISTÂNCIA RODOVIÁRIA DA CAPITAL ÀS SEDES MUNICIPAIS (KM)	
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)			
REGIÃO METROPOLITANA	Maceió	09°39'59"	35°44'06"	4	-
	Atalaia	09°30'07"	36°01'22"	54	48
	Barra de Santo Antônio	09°24'18"	35°30'25"	04	37
	Barra de São Miguel	09°50'24"	35°54'28"	02	33
	Coqueiro Seco	09°38'16"	35°48'10"	76	22
	Marechal Deodoro	09°42'36"	35°53'42"	05	28
	Messias	09°22'58"	35°50'31"	148	33
	Murici	09°18'25"	35°56'34"	82	48
	Paripueira	09°27'54"	35°33'07"	05	27
	Pilar	09°35'50"	35°57'24"	13	36
	Rio Largo	09°29'41"	35°51'29"	44	27
	Santa Luzia do Norte	09°36'10"	35°49'19"	32	23
	Satuba	09°33'46"	35°49'26"	06	15
ADJACÊNCIAS	São Miguel dos Campos	09°46'51"	36°05'38"	97	60

Tabela 2.2 - Sínteses, fornecidas pelo IBGE no censo de 2010, para cada um dos municípios da área do projeto (CENSO, 2010) – página visitada em 20/08/2019.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL RESIDENTE (HAB.) (2010)	POPULAÇÃO ESTIMADA (HAB.) (2018)	POPULAÇÃO RESIDENTE URBANA (HAB.) (2010)	POPULAÇÃO RESIDENTE RURAL (HAB.) (2010)	ÁREA DA UNIDADE TERRITORIAL (KM ²)	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (HAB./KM ²) (2010)	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL - 2010 (IDHM 2010)
Atalaia	44.322	47.000	22.457	21.865	533,26	83,82	0,561
Barra de Santo Antônio	14.230	15.792	13.242	988	131,36	102,79	0,557
Barra de São Miguel	7.574	8.264	6.521	1.053	74,24	98,86	0,615
Coqueiro Seco	5.526	5.826	4.973	553	39,61	139,09	0,586
Maceió	932.748	1.012.382	932.129	619	509,32	1854,1	0,721
Marechal Deodoro	45.977	51.364	43.392	2.585	331,18	138,62	0,642
Messias	15.682	17.676	14.263	1.419	114,15	137,77	0,568
Murici	26.710	28.137	22.108	4.602	418,02	62,58	0,527
Paripueira	11.347	13.016	10.049	1.298	92,78	122,05	0,605
Pilar	33.305	35.008	31.801	1.504	251,06	133,37	0,610
Rio Largo	68.481	74.838	55.947	12.534	293,82	223,56	0,643
Santa Luzia do Norte	6.891	7.272	6.172	719	28,86	232,77	0,597
Satuba	14.603	13.716	12.792	1.811	41,27	342,57	0,660
TOTAL	1.227.396	1.330.291	1.175.846	51.550	2.858,92	3.671,95	
São Miguel dos Campos	54.577	60.775	52.566	2.011	360,88	151,27	0,623
TOTAL	54.577	60.775	52.566	2.011	360,88	151,27	
TOTAL DO PROJETO	1.281.973	1.391.066	1.228.412	53.561	3.219,80	3.823,22	

Tabela 2.3 - População das regiões metropolitanas (IBGE, Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS). Onde: RM = Região Metropolitana e RIDE = Região Integrada de Desenvolvimento.
Nota: Composição das Regiões Metropolitanas vigente em 30/08/2019.

	REGIÃO METROPOLITANA (COMPOSIÇÃO VIGENTE EM 30/08/2019)	POPULAÇÃO (ESTIMATIVA 2018)
1º	RM DE SÃO PAULO	21.571.281
2º	RM DO RIO DE JANEIRO	12.116.616
3º	RM DE BELO HORIZONTE	5.916.189
4º	RIDE DISTRITO FEDERAL E ENTORNO	4.560.505
5º	RM DE PORTO ALEGRE	4.317.508
6º	RM DE FORTALEZA	4.074.730
7º	RM DE RECIFE	4.054.866
8º	RM DE SALVADOR	3.899.533
9º	RM DE CURITIBA	3.615.027
10º	RM DE CAMPINAS	3.224.443
11º	RM DE MANAUS	2.631.239
12º	RM DO VALE DO PARAÍBA E LITORAL NORTE	2.528.345
13º	RM DE GOIÂNIA	2.518.775
14º	RM DE BELÉM	2.491.052
15º	RM DE SOROCABA	2.120.095
16º	RM DA GRANDE VITÓRIA	1.951.673
17º	RM DA BAIXADA SANTISTA	1.848.654
18º	RM DE RIBEIRÃO PRETO	1.702.479
19º	RM DE SÃO LUÍS	1.621.102
20º	RM DE NATAL	1.587.055
21º	AGLOMERAÇÃO URBANA DE PIRACICABA	1.481.652
22º	RM DO NORTE/NORDESTE CATARINENSE	1.400.128
23º	RM DE MACEIÓ	1.330.291
24º	RM DE JOÃO PESSOA	1.266.463
25º	RIDE DA GRANDE TERESINA	1.222.940
TOTAL 25 MAIORES RM		93.829.701
TOTAL BRASIL		208.494.900

2.2.2. Produto Interno Bruto (PIB)

Em 2016, O PIB de Maceió alcançou em torno de R\$ 21,3 bilhões, enquanto o somatório do PIB dos demais municípios da RMM não atingiu a marca de R\$ 5 bilhões. A região composta pelos municípios de Maceió, Marechal Deodoro, Rio Largo e Pilar corresponde ao núcleo da RMM, que detém aproximadamente 92% do PIB da mesma, cerca de R\$ 24,3 bilhões. A disparidade entre os valores do PIB de Maceió e dos demais municípios inseridos na área desse projeto é bastante significativa.

Segundo o IBGE, em 2016, os municípios de Marechal Deodoro, Maceió e Barra de São Miguel apresentaram os

maiores PIBs per capita, respectivamente, R\$ 31.655,89, R\$ 20.853,41 e R\$ 18.946,40. O menor valor foi exibido pelo município de Murici, apresentando R\$ 8.983,72 (Tabela 2.4).

2.2.3. Economia

O setor primário da economia encontra-se apoiado na monocultura da cana-de-açúcar e ocupa grande parte da área rural de todos os municípios da região. A agricultura é basicamente de subsistência, cuja participação na produção, área colhida e economia, não é considerada representativa no contexto do estado. A pecuária se sobressai em relação à agricultura, mas

Tabela 2.4 - Valores dos PIBs fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para cada um dos municípios abrangidos na área do projeto, 2016 – página visitada em 30/08/2019.

MUNICÍPIOS		VALOR ADICIONADO BRUTO TOTAL A PREÇOS CORRENTES (MIL REAIS)	IMPOSTOS, LÍQUIDO DE SUBSÍDIOS, SOBRE PRODUTOS A PREÇOS CORRENTES (MIL REAIS)	PIB, A PREÇOS CORRENTES (MIL REAIS)	PIB PER CAPITA (REAIS)
REGIÃO METROPOLITANA	Atalaia	655.309,99	14.750,68	670.060,67	14.098,23
	Barra de Santo Antônio	165.482,51	5.712,08	171.194,59	10.760,86
	Barra de São Miguel	149.501,70	843.550,00	157.937,20	18.946,40
	Coqueiro Seco	59.937,20	762,45	60.699,65	10.296,80
	Maceió	18.370.682,52	2.935.433,43	21.306.115,95	20.853,41
	Marechal Deodoro	1.290.045,53	347.038,77	1.637.084,29	31.655,89
	Messias	165.973,77	8.102,55	174.076,32	9.785,62
	Murici	247.876,03	7.818,56	255.694,59	8.983,72
	Paripueira	148.645,89	5.659,95	154.305,84	11.800,69
	Pilar	401.837,56	19.522,81	421.360,38	11.893,43
	Rio Largo	870.874,48	110.720,94	981.595,42	12.968,97
	Santa Luzia do Norte	96.176,26	15.754,63	111.926,89	15.213,66
	Satuba	131.691,55	7.334,83	139.026,38	10.056,88
TOTAL	22.754.034,99	4.322.161,68	26.241.078,17		
ADJACÊNCIAS	São Miguel dos Campos	840.633,29	93.217,33	933.850,62	15.258,00
	TOTAL	23.594.668,28	4.415.379,01	27.174.928,79	
TOTAL DO PROJETO		46.348.703,27	8.737.540,69	53.416.006,96	

sem muito impacto na RMM. Nas margens das lagoas Mundaú e Manguaba, há piscicultura e extração do sururu. Em algumas áreas isoladas dos tabuleiros e das encostas dos municípios litorâneos, destacam-se as plantações de coco que fornecem matéria-prima para a indústria alimentícia.

Em muitos locais da região rural, são encontrados poços de extração de petróleo, que contribuem para a arrecadação da RMM.

O Polo Multifábrica Industrial José Aprígio Vilela, em Marechal Deodoro, conta com diversas indústrias da Cadeia Produtiva da Química e do Plástico (CPQP) e da Cadeia Produtiva da Cerâmica (CPC), somando um total de 17 empresas locais, que são responsáveis pela geração de 2.500 empregos diretos. Calculando-se os postos criados indiretamente, são 10 mil empregos. O polo possui uma área destinada à reserva de preservação ambiental e uma

central integrada de efluentes líquidos e resíduos. A Usina Sumaúma, também em Marechal Deodoro, é um dos pilares econômicos da região. A usina está preparada para moagem de 6.200 toneladas por dia, produz açúcares, dos tipos VHP e cristal, e álcool anidro, hidratado e refinado.

2.2.4. Turismo

Nos municípios litorâneos da RMM, o turismo é a vertente econômica mais forte, que possui uma boa estrutura hoteleira. A região possui um grande potencial de atrair turistas devido às suas belezas naturais e a grande diversidade cultural.

Os destinos mais procurados são as praias do Francês, em Marechal Deodoro, e a de Barra de São Miguel, no litoral norte; em relação ao litoral sul, as mais procuradas são Guaxuma, Paripueira e Ipioca.

2.3. INFRAESTRUTURA

2.3.1. Rodovias

O acesso à área da RMM, bem como o deslocamento no seu entorno, é realizado, principalmente, pelas rodovias BR-101, BR-104, BR-316 e pelas AL-101, AL-105, AL-215, AL-220 e AL-401, sendo essa infraestrutura rodoviária de extrema importância para viabilizar o avanço econômico e reduzir os custos dos transportes dos insumos minerais para construção civil.

A BR-101, a rodovia longitudinal mais importante dentro da área do projeto, tem início no município de Touros, no estado do Rio Grande do Norte, e termina em São José do Norte, no Rio Grande do Sul, apresentando uma extensão de 4.650 km. Desde 2005, a BR-101 encontra-se em fase de duplicação. O trecho entre Natal (RN) e Joaquim Gomes (AL), de 448 km de extensão, sendo que cerca de 70 km cortam a Região Metropolitana do Recife, encontra-se duplicado. O trecho entre Alagoas e Sergipe encontra-se com obras em ritmo lento, sem previsão de término.

A BR-104 também é uma rodovia federal longitudinal, onde o ponto inicial fica na cidade de Macau, no Rio Grande do Norte, e o ponto final na cidade de Maceió, Alagoas. Sua extensão é de 672,3 quilômetros, incluindo os trechos não construídos. A rodovia encontra-se duplicada dentro das cidades de Maceió e Rio Largo, até o entroncamento com a BR-101 em Messias, Alagoas.

A AL-101 é uma rodovia de jurisdição estadual, longitudinal, e está sob a responsabilidade do Departamento de Estradas e Rodagens (DER). Tem 274 km de extensão, da divisa com o estado de Pernambuco, começando na cidade de Maragogi, e terminando na divisa com o estado de Sergipe, na cidade de Piaçabuçu. A rodovia é dividida entre litoral norte e sul do estado; quando chega a Maceió, transforma-se em grandes avenidas, como a Avenida da Paz, Avenida Assis Chateaubriand e Avenida Gustavo Paiva. Em sua parte sul, é uma rodovia turística, passando por belas paisagens, como a Lagoa Manguaba, Lagoa do Roteiro, Mirante do Gunga e o encontro da Lagoa Mundaú com o mar.

A rodovia estadual AL-105 liga o município de Jacuípe a Maceió. É considerada uma rodovia curta, pois possui somente 117 quilômetros de extensão.

2.3.2. Ferrovias

O Sistema de Trens Urbanos de Maceió é operado pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), através da Superintendência de Trens Urbanos de Maceió. Atualmente, é composta por 16 estações em uma única linha de 34,3 quilômetros de extensão, que interliga os municípios de Maceió, Satuba e Rio Largo, transportando

em torno de 11 mil passageiros por dia, através do Veículos Leves sobre Trilhos (VLT) ou Metrô de Superfície de Maceió, que é um sistema de transporte público baseado no sistema de veículos leves sobre trilhos. Possui oito veículos que atingem velocidade máxima de 70 km/h.

2.3.3. Aeroportos

2.3.3.1. Aeroporto Internacional de Maceió

Sua pista foi reformada, passando de 2.220 para 2.601m, e inaugurada em 16 de setembro de 2005, assim como um novo terminal de passageiros. Possui quatro pontes de embarque com acesso direto às aeronaves, sendo duas com capacidade para acoplagem de grandes aeronaves (inclusive as de categoria NLA - *New Large Aircraft*) e o novo sistema de pátio das aeronaves pode receber, simultaneamente, até 19 aviões de grande porte.

Atualmente, com o crescimento da atividade turística no estado de Alagoas, o Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares vem apresentando forte tendência de crescimento, não só no número de passageiros, mas também no de pousos e decolagens. Em 2019 foi arrematado pelo grupo espanhol Aena internacional, que assumiu a administração com investimentos estimados de R\$ 411 milhões.

2.3.4. Portos

2.3.4.1. Porto de Jaraguá

O Porto de Jaraguá, também conhecido como Porto de Maceió, atualmente é administrado pela Administração do Porto de Maceió (APMC), subordinada a Companhia Docas do Rio Grande do Norte (Codern).

O ancoradouro da cidade de Maceió tinha previsão de receber melhorias já em 1875. Em 1940, ocorreu a inauguração do cais, porém as operações começaram oficialmente em 1942, quando houve o primeiro embarque de açúcar. Em 1990, a Portobras, gestora do porto, foi extinta e a Porto de Maceió passou para a Codern.

O Porto de Maceió possui cinco armazéns e pátio pavimentado com área de 26.000 m² para movimentação e estocagem de contêineres. Dispõe de um berço, com profundidade de 8,50 metros, preparado para operar navios das frotas mais modernas do mundo, tipo Panamax (12,04 metros de calado).

De acordo com dados fornecidos pela Codern à Embrapa em 2014, o porto movimentou 2.758.556 toneladas de carga, sendo 1.897.779 toneladas de grãos sólidos, 815.810 de grãos líquidos e 44.967 de carga geral. As movimentações de açúcar a granel constituíram mais da metade das movimentações de grãos sólidos, as quais foram realizadas no Terminal Açucareiro, que é o maior do mundo, além de ser um dos mais movimentados

do Brasil. Outras movimentações expressivas dessa natureza são as cargas de fertilizantes e coque de petróleo. As movimentações de granéis líquidos, que consistem em

petróleo e derivados, são realizadas pela Transpetro, e corresponderam a aproximadamente um terço do total movimentado no porto.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Região Metropolitana de Maceió (RMM) e adjacências situa-se, em sua maior parte, no contexto geológico-tectônico da Província Costeira, constituída por uma extensa bacia sedimentar de margem passiva fanerozoica (DELGADO *et al.*, 2003), a qual localmente recebe o nome de Bacia Sergipe-Alagoas. Em suas bordas, encontra-se no contexto da Província Borborema, na Subprovíncia Meridional (MENDES *et al.*, 2017) (Anexo I).

3.1. UNIDADES PALEOPROTEROZOICAS

3.1.1. Complexo Arapiraca (PP23car)

O complexo foi definido, por Mendes *et al.* (2010), como uma unidade litoestratigráfica integrante do Domínio Rio Coruripe, sendo constituído por uma unidade metavulcanossedimentar de alto grau metamórfico. Ocorre distribuído ao longo do eixo formado pelos municípios de Arapiraca-Major Isidoro, ocupando a porção centro-leste da área.

Consiste em um pacote de metassedimentos gnaissificados a migmatizados, localmente granulitizados, com lentes de metamáficas, mármore, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas (tipo Lago Superior), quartzitos e por complexos ígneos metamáficos-metaultramáficos. A sequência paraderivada apresenta-se cortada por diques pegmatíticos, diques de diabásio/gabros e *sheets* de leucogranitoides de granulação fina.

3.2. UNIDADES NEOPROTEROZOICAS

3.2.1. Complexo Belém do São Francisco (NP1bf)

Esta denominação foi inicialmente proposta e definida por Santos (1995) e Santos *et al.* (1998) para englobar representantes do Complexo Cabrobó e da Suíte Intrusiva Morro Vermelho, definida por Lima *et al.* (1985), sendo constituído por ortognaisses migmatíticos e migmatitos com estrutura diatexitica.

O complexo é constituído, na área em estudo, por metagranitoides e ortognaisses bandados migmatizados de composição tonalítica, granodiorítica a granítica, com biotita e/ou anfibólio, e distribuem-se nas porções leste, noroeste e norte da Região Metropolitana de Maceió. Constituem tipos leucocráticos a mesocráticos, equigranulares médios a inequigranulares porfiríticos, com fenocristais de feldspatos (Figura 3.1), muitas vezes

com foliação milonítica (Figura 3.2) e, por vezes, com *augens*, em meio a matriz de granulação média a grossa. É comum a presença de xenólitos de dimensões variadas de quartzo dioritos, dioritos e enclaves anfibolíticos. Mostram-se internamente deformados, dobrados e migmatizados. Os ortognaisses bandados e dobrados, de composição tonalítica e intensamente migmatizados, mostram-se heterogêneos.



Figura 3.1 - Metagranitoide apresentando textura porfirítica com fenocristais de feldspato. Complexo Belém do São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 118). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 3.2 - Feição textural, evidenciando a foliação milonítica da rocha. Complexo Belém do São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 116). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

3.3. MAGMATISMO EDIACARANO / BRASILIANO

Os granitoides neoproterozoicos/brasilianos ocorrem intrudidos no Domínio Pernambuco-Alagoas, onde constituem corpos alongados, orientados paralelamente à estruturação regional.

No estado de Alagoas, o plutonismo ocorre como uma sucessão de pulsos magmáticos, onde são individualizados os plutonismos sin a tardi, tardi a pós e pós-orogênicos (ALMEIDA *et al.*, 1977; SIAL, 1984 e 1986).

No presente estudo, o plutonismo tardi a pós-orogênico está representado por granitoides indiscriminados e pela Suíte Intrusiva Itaporanga.

3.3.1. Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it)

Compreende as rochas graníticas tardi a pós-Orogênese Brasileira que afloram nas porções norte e noroeste da Região Metropolitana de Maceió, mais precisamente no Domínio Pernambuco-Alagoas (Anexo I).

A Suíte Intrusiva Itaporanga está representada por granitoides, com textura equigranular média a grossa a inequigranular porfirítica (Figura 3.3), com fenocristais esparsos de alcalifeldspato, e raramente de plagioclásio, distribuídos esparsamente numa matriz equigranular média a grossa. São predominantemente isotrópicos, mas podem mostrar orientação dos fenocristais euédricos de alcalifeldspato, dos minerais máficos e de enclaves microgranulares máficos.

No plúton ocorrem xenólitos do Complexo Belém do São Francisco (metagranitoides migmatíticos), diques sin-plutônicos e enclaves microgranulares máficos de composição diorítica, e diques e *stocks* tardios de granitoides indiferenciados. São constituídos por granodioritos a monzogranitos inequigranulares grossos a porfiríticos.



Figura 3.3 - Sienogranito fanerítico inequigranular mesocrático. Suíte Intrusiva Itaporanga – Atalaia/AL (Afloramento KC 048).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

Inclui fácies sienograníticas a granodioríticas inequigranulares de cor cinza-esbranquiçada a rosa-clara. Tem-se ainda a Fácies Rui Palmeira, de ocorrência restrita, que abrange sienogranitos inequigranulares médios a grossos, de cor cinza-clara a rosa-esbranquiçada, equigranulares médios a porfiríticos, com fenocristais euédricos de alcalifeldspato (MENDES, 2017).

3.3.1.1. Granitoides Indiscriminados (NP3γi)

Os granitoides indiscriminados neoproterozoicos ocorrem com formas e dimensões variáveis e estão em contato discordante com as encaixantes. Algumas vezes, mostram-se concordantes com a estrutura regional, e apresentam frequentemente xenólitos angulosos a subangulosos das encaixantes. Tais plutonitos também ocorrem como inúmeros corpos pequenos, na forma de stocks e diques, cortando indistintamente quase todos os litotipos da área (MENDES *et al.*, 2017).

A unidade geológica contém rochas ígneas leucocráticas a hololeucocráticas de cores róseo, rósea-avermelhada, bege a cinza-claro (Figura 3.4). São litotipos isotrópicos, mas localmente com desenvolvimento de foliação magmática marcada pelo bandamento ígneo. Apresentam textura predominantemente equigranular de granulação fina a média (Figura 3.5), por vezes grossa, e localmente inequigranular porfirítica média, com fenocristais euédricos de alcalifeldspato, distribuídos de modo esparsos na matriz. Esses litotipos variam de monzogranitos a sienogranitos, por vezes, ocorrendo composições granodioríticas, tonalíticas e sieníticas. Podem ser observados enclaves microgranulares máficos subarredondados de composições dioríticas e xenólitos de metagranitoides e ortognaisses migmatíticos, possíveis representantes do Complexo Belém do São Francisco e dos metagranitoides mesoproterozoicos.



Figura 3.4 - Metagranitoide fanerítico equigranular leucocrático. Localmente, observam-se veios de quartzo. A rocha apresenta-se bastante fraturada. Granitoides Indiscriminados – Atalaia/AL (Afloramento KC 085). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 3.5 - Tonalito fanerítico equigranular leucocrático, granulação fina. Granitoides Indiscriminados – Rio Largo/AL (Afloramento KC 042). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 3.6 - Calcário coquinoide cinza-claro. Formação Morro do Chaves – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 027). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

3.4. UNIDADES FANEROZOICAS

As unidades fanerozoicas compõem a Província Costeira, representada pelos sedimentos da Bacia Sergipe-Alagoas e pelas coberturas superficiais cenozoicas. A Bacia Sergipe-Alagoas encontra-se disposta na porção leste do território alagoano, sendo constituída, na região metropolitana, pelos sedimentos das formações Morro das Chaves, Coqueiro Seco, Poção e Maceió. As coberturas cenozoicas estão representadas pelos sedimentos do Grupo Barreiras, Depósitos FlúvioLagunares, Depósitos de Pântanos e Mangues, Depósitos Litorâneos e Depósitos Aluvionares recentes.

3.4.1. Unidades Mesozoicas

3.4.1.1. Formação Morro do Chaves (K1mc)

Esta unidade foi estabelecida como formação por Schaller (1969), porém Feijó (1994) rebaixou-a para membro da Formação Coqueiro Seco, e Campos Neto *et al.* (2007) retomou a denominação de Formação Morro do Chaves. Nogueira *et al.*, (2003) descreveu que essa formação é caracterizada por fácies de coquinas e folhelhos lacustres, representando um trato de sistema transgressivo de terceira ordem que recobre os depósitos fluviais da Formação Penedo.

As rochas da Formação Morro do Chaves são carbonatos de coloração cinza-claro a esbranquiçada, com intercalações de arenito fino a médio amarelado e folhelho cinza-esverdeado. O calcário é caracterizado pela presença de coquinas, com fragmentos de vegetais e peixes (Figura 3.6). Estruturalmente, há estratificação cruzada tangencial, plano-paralela e laminação ondulada truncada (Figura 3.7). As coquinas formam camadas



Figura 3.7 - Estratificação cruzada tangencial nos calcários. Formação Morro do Chaves - São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 027). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

lenticulares com espessuras variando de níveis centimétricos a métricos, sendo representadas por moluscos bivalvos (calcirruditos), com porosidade relativamente boa. Estão recobertas por pacotes de calcilutitos e folhelhos, os quais contêm restos de peixes, fragmentos de troncos, gastrópodes e ostracodes da biozona NRT-009, correspondente ao Andar Jiquiá (NOGUEIRA *et al.*, 2003).

3.4.1.2. Formação Coqueiro Seco (K1cs)

A Formação Coqueiro Seco apresenta intercalações rítmicas, compostas por arenitos, folhelhos e siltitos. Os arenitos são compactos e maciços, com coloração amarela-amarronzada e granulometria variando de média a grossa, podendo apresentar, localmente, arenitos com matriz argilosa. Os folhelhos possuem uma coloração cinza-amarronzada, com estratificação plano-paralela e

camadas convolutas contornando o arenito, por vezes, gradam para siltito cinza-claro com laminação plano-paralela (MENDES *et al.*, 2017).

A Formação Coqueiro Seco é rica em fauna de bivalves, gastrópodes e peixes do gênero lepidotes, ostracodes e palinórfos (SOUZA LIMA *et al.*, 2002). A formação apresenta uma sucessão de fases transgressivas e regressivas, representadas pela alternância faciológica de arenitos e folhelhos (LARRÉ, 2008), onde a sedimentação lacustre é correlacionada à intensa atividade tectônica, enquanto que os depósitos fluviodeltáicos foram depositados em um estágio de quiescência (LARRÉ, 2009).

3.4.1.3. Formação Poção (K1poc)

A Formação Poção foi caracterizada como conglomerados com matriz arcossiana (FIGUEIREDO, 1978 *apud* FEIJÓ, 1994). Essa unidade ocorre apenas na Sub-bacia de Alagoas, sendo inserida anteriormente no Membro Carmópolis da Formação Muribeca (SCHALLER, 1969). Como as rochas da Formação Poção possuem características distintas, foram consideradas, por Feijó (1994), como uma unidade independente.

As maiores espessuras da Formação Poção encontram-se junto às falhas de borda. O fato fica evidenciado pela grande quantidade de clastos, imaturidade textural e a mineralogia da matriz (FEIJÓ, 1994). A unidade é composta por conglomerado clasto suportado, com matriz areno-conglomerática constituída principalmente por quartzo, feldspatos e micas; a tonalidade varia de amarelado a amarronzado. Os conglomerados são do tipo polimíticos, compostos essencialmente por clastos de quartzo e fragmentos de rochas graníticas e gnáissicas. A granulometria varia desde seixos a matacões, chegando a dois metros de diâmetro, a maior parte da superfície dos grãos são irregulares e as extremidades arredondadas, alguns apresentam certa esfericidade, com contatos entre os grãos variando de tangenciais a côncavo-convexos (MENDES *et al.*, 2017). Segundo Feijó (1994), os conglomerados foram depositados em um sistema de leques aluviais sintectônico.

3.4.1.4. Formação Maceió (K1mac)

A Formação Maceió era considerada um membro da Formação Muribeca (SCHALLER, 1969), e incluía ainda os membros: Tabuleiro dos Martins, Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos. Feijó (1994) promoveu o Membro Maceió à categoria de formação, por ser mapeável como unidade independente.

A sedimentação da Formação Maceió foi datada, por Falkenhein (1984 *apud* FEIJÓ, 1994), como Mesoaptiano–Eoalbiano, porém Campos Neto *et al.* (2007) classificaram-na como Eoalagoas e o intervalo compreendido

entre as idades Neoalagoas e Eoalbiano como pertencente à Formação Muribeca do Grupo Coruripe representando, assim, a supersequência pós-rifte (Transicional) composta pelos membros Carmópolis e Ibura.

Segundo Campos Neto *et al.* (2007), a Formação Maceió, de idade Eo-Alagoas é composta pelos membros Ponta Verde e Tabuleiro dos Martins. O Membro Ponta Verde era interpretado, por Schaller (1969), como sendo uma formação constituída por folhelhos cinza-esverdeados, com intercalações síltica-arenosas e horizontes de folhelho castanho. Essa sucessão de folhelhos esverdeados tem ocorrência restrita à porção central terrestre da Sub-bacia de Alagoas (CAMPOS NETO *et al.*, 2007). Os folhelhos betuminosos com anidrita subordinada, existentes na região da cidade de Maceió, pertencem ao Membro Tabuleiro dos Martins, que informalmente são denominados de Evaporitos Paripueira (FEIJÓ, 1994).

A sedimentação de maior exposição dessa unidade na Sub-bacia de Alagoas são os depósitos associados à falha, compostos por arenitos médios a grossos, mal selecionados, com níveis conglomeráticos. Os níveis conglomeráticos são caracterizados por clastos de rochas graníticas, com tamanhos variando de seixos a matacões, dispersos na matriz, por vezes, esses grãos encontram-se imbricados ou alinhados seguindo a estratificação. As estruturas presentes são do tipo estratificação cruzada tabular e acanalada de baixo ângulo e raramente de escape de fluido (MENDES *et al.*, 2017).

3.4.2. Coberturas Cenozoicas

As coberturas cenozoicas estão presentes em grande parte da Região Metropolitana de Maceió, sobrepostas de forma discordante às unidades pré-cambrianas e mesozoicas. Apresenta sedimentação essencialmente clástica continental, representada por coberturas residuais e depósitos aluvionares recentes.

3.4.2.1. Grupo Barreiras (ENb)

O Grupo Barreiras ocorre em toda extensão da faixa costeira da região, capeando tanto as rochas do embasamento cristalino, quanto às formações sedimentares da Bacia Sergipe-Alagoas. Apresenta-se composto por sedimentos terrígenos muito lateritizados com coloração variegada, formado por arenitos inconsolidados com intercalações de siltito, argilito e níveis de caulinita (Figura 3.8). Apresenta granulometria grossa a conglomerática com matriz argilosa. Os níveis conglomeráticos são compostos essencialmente por grãos de quartzo. Apresentam estratificação cruzada (Figura 3.9), além de estratificações tangencial, tabular e acanalada.

A deposição do Grupo Barreiras é atribuída ao ambiente fluvial, porém Rosseti & Góes (2009) revelaram

que a unidade possui icnofósseis, principalmente de ophiomorpha nodosa, skolithos e planolites, os quais evidenciam a influência de ambiente marinho marginal dominado por processos de maré, possivelmente relacionado a sistema estuarino.



Figura 3.8 - Arenitos inconsolidados com intercalações de siltito e argilito. Grupo Barreiras – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 030). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 3.9 - Estratificação cruzada nos arenitos. Grupo Barreiras - São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 035). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

3.4.2.2. Coberturas Quaternárias

As coberturas de idade quaternária estendem-se por toda a área da Sub-bacia de Alagoas e são basicamente de origem aluvionar, ocorrendo também depósitos coluvionares e eluvionares, compostos por areias, conglomerados e argilas.

3.4.2.2.1. Depósito Fluviolagunar (Q2fl)

Resultam de processos de sedimentação de ambientes lagunares e fluviais e consistem de depósitos argilosos,

argiloarenosos e/ou arenoargilosos, enriquecidos de matéria orgânica. São caracterizados por apresentar numerosas lagoas fluviais, áreas colmatadas, extensas várzeas inundadas e/ou sujeitas a inundações sazonais. São depósitos constituídos por argilas, com areia fina disseminada, maciças, de coloração cinza.

3.4.2.2.2. Depósito de Pântanos e Mangues (Q2pm)

Esses depósitos são encontrados na zona urbana da cidade de Maceió. São caracterizados pela presença de muitos estuários, com ilhas, baías e canais controlados pelas macromarés.

Os depósitos de mangue constituem extensas planícies lamosas, e situam-se entre os limites de maré alta e baixa, sendo assim inundados regularmente pela maré semidiurna. São constituídos, predominantemente, por sedimentos lamosos (argila e silte) de coloração cinza, plásticos, não adensados, maciços e bioturbados.

3.4.2.2.3. Depósito Litorâneos (Q2l)

Nessa unidade, estão englobados os depósitos holocênicos de dunas costeiras, praias, planície arenosa e cordões litorâneos antigos. Constituem faixas delgadas paralelas à linha de costa. São constituídos por areias quartzosas, de granulometria fina a muito fina, esbranquiçadas, bem selecionadas (Figura 3.10).



Figura 3.10 - Areia fina a muito fina, quartzosa, cinza esbranquiçada a branca. Depósitos litorâneos – Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 016). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

3.4.2.2.4. Depósito Aluvionares (Q2a)

Estes sedimentos são constituídos por depósitos arenosos e argilosos, com níveis de cascalho e raros níveis de matéria orgânica (Figura 3.11), mostram-se inconsolidados, sendo considerados de idade holocênica. Apresentam-se relacionados às planícies aluvionares atuais de rios maiores

e de igarapés de pequeno porte. Constituem depósitos laterais) e de extensas planícies de inundação de origem de canais (barras em pontal, barras de canais e barras estritamente fluvial.



Figura 3.11 - Sedimentos arenoargilosos com cascalho e restos de matéria orgânica. Depósitos aluvionares – Murici/AL (Afloramento KC 102). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4. POTENCIALIDADE MINERAL E TIPOLOGIA DOS DEPÓSITOS

4.1. INSUMOS MINERAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL DA RMM E ADJACÊNCIAS

4.1.1. Introdução

Dentre os diversos bens minerais aplicados à indústria da construção civil na Região Metropolitana de Maceió (RMM) e adjacências, destacam-se areia, argila para confecção de cerâmica vermelha, granitoides para a produção de brita e paralelo, calcário para a fabricação de cimento, saibro e cascalho, como material de empréstimo.

Esses insumos são primordiais para o desenvolvimento de uma região. Devido ao seu baixo valor agregado, é de fundamental importância que sejam explorados no entorno dos centros urbanos, pois não são economicamente viáveis com uso de frete a grandes distâncias. São necessárias políticas públicas por parte das autoridades estaduais e municipais que sejam compatíveis com a coexistência saudável entre a produção de insumos minerais e o avanço da urbanização, a qual deve ocorrer de forma responsável, respeitando os parâmetros relativos ao risco geológico.

O fato origina uma preocupação importante com relação ao suprimento futuro desses insumos para sociedade, para que sejam minerados de forma sustentável. Atualmente, devido aos conceitos de produção limpa, a lavra das substâncias não pode fugir deste princípio e deve ser efetuada de maneira responsável.

4.1.2. Conceituação

Um termo bastante utilizado, quando se concerne a alguns insumos relacionados à construção civil, é o de agregados, que se refere ao material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de mistura de partículas, cobrindo extensa gama de tamanhos (ALBUQUERQUE, 2014). São empregados largamente na confecção de artefatos de cimento, produção de concreto, argamassa, pavimentação asfáltica de ruas e estradas, e, ainda como filtros, enrocamentos e lastros em ferrovias.

Os agregados são classificados em função da sua origem, densidade e dimensões dos fragmentos (Figura 4.1). Em relação a sua origem, são classificados como artificiais e naturais (FRAZÃO e PARAGUASSU,1998).

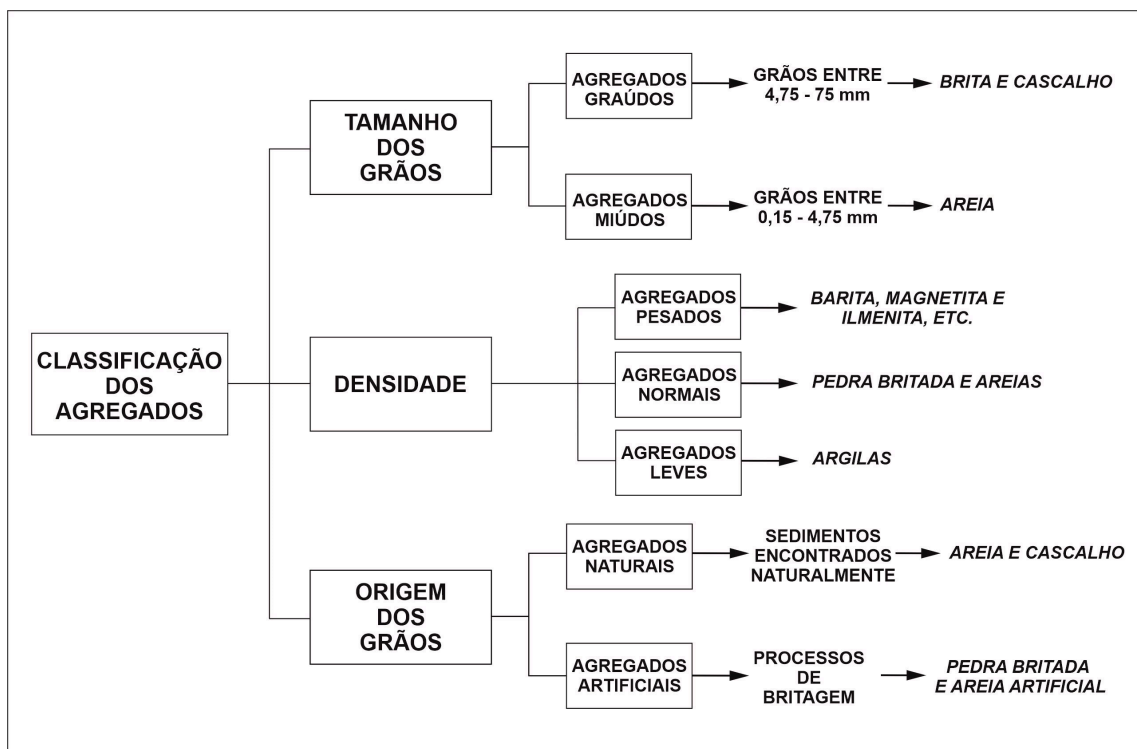


Figura 4.1 - Classificação dos agregados utilizados na construção civil.

São ditos naturais quando encontrados na natureza e utilizados sem nenhum beneficiamento posterior à extração, tais como: areia e cascalho. Os considerados artificiais são os agregados resultantes do processo de fragmentação mecânica, como as pedras britadas e as chamadas areias de britagem ou areias artificiais. Na mesma categoria também estão as argilas expandidas e as escórias de alto forno.

A classificação aplicada com relação às dimensões e densidade dos fragmentos é feita com base na norma NBR 7211, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que os classifica da seguinte forma:

Agregado graúdo – compreende a brita e o pedregulho médio a muito grosso, com dimensões entre 75 mm e 4,75 mm.

Agregado miúdo – constitui o pedregulho fino, pedrisco fino a grosso e a areia fina a grossa, com dimensões entre 4,75 mm e 0,15 mm.

Com relação à densidade, são classificados em agregados pesados (barita, magnetita, ilmenita), agregados normais (pedra britada e pedregulho), além do agregado leve retratado pelas argilas expandidas, vermiculita, etc.

4.1.2.1. Areia

Geologicamente, areia é um sedimento clástico inconsolidado, decorrente da desagregação natural de rochas. Mineralogicamente, são formadas por quartzo sendo seu principal mineral constituinte, contendo ainda feldspatos, micas, além de minerais ferromagnesianos dispostos em proporções variáveis. Segundo a escala de Wentworth (1922), apresenta-se em uma faixa granulométrica estabelecida entre o intervalo de 0,0625 mm a 2,0 mm, sendo classificadas, nesses extremos, como areia muito fina e muito grossa, respectivamente.

As areias contemplam um largo âmbito de aplicações, pois além de serem amplamente utilizadas na construção civil, também são fortemente empregadas em setores industriais diversos (vidraçaria, cerâmica, cimento, siderurgia, fundição, tintas, filtração, vernizes, abrasivos, dentre outros).

A indústria da construção civil é o segmento econômico que mais consome areia como insumo mineral, sendo as aplicações no preparo de concreto hidráulico ou concreto de cimento Portland e pavimentos de estradas os usos mais comuns.

De forma geral, depende de qual será a aplicação da areia para que sejam definidas as suas especificações, incluindo um maior ou menor grau de rigidez. Atualmente, as especificações mais rígidas são utilizadas na confecção de concreto de cimento Portland e argamassas para revestimentos cerâmicos. Em contrapartida, as menos rígidas são utilizadas no preparo de argamassas para assentamento e revestimento de paredes.

Vários aspectos são considerados na especificação de areia, tais como: o grau de arredondamento e o selecionamento, além da composição mineralógica dos grãos, textura, forma e granulometria. Considera-se, ainda, as propriedades físicas, exemplificadas pela resistência mecânica e desgaste, composição química, resultados de caracterização tecnológica e a presença de substâncias consideradas nocivas, como os sais solúveis, argila em torrões e matéria orgânica. Vale ressaltar que as especificações de areia para uso industrial, notadamente na vidraçaria, são bastante rígidas, cujo erro na simples avaliação ou interpretação dos resultados analíticos da substância a ser empregada no processo produtivo pode inviabilizar toda uma linha de produção.

4.1.2.2. Argila

Outra substância bastante empregada na construção civil são as argilas, que são utilizadas na produção de cerâmica vermelha (tijolos, telhas, manilhas e blocos estruturais). As argilas são utilizadas na produção de cerâmica vermelha (tijolos, telhas, manilhas e blocos estruturais). São muito comuns em sedimentos de várzeas aluvionares datados do Quaternário e em argilas inseridas em bacias sedimentares fanerozoicas. Podem, também, derivar do intemperismo *in situ* de rochas cristalinas, resultando em pacotes autóctones, em especial as de cor vermelha.

Conceitualmente, o termo argila corresponde a materiais inorgânicos de textura terrosa, granulação muito fina a fina, que geralmente adquire certo grau de plasticidade quando umedecida em água. Em geral, a argila é constituída apenas por um ou mais tipos de argilominerais. Em termos químicos, constituem silicato de alumínio hidratado, contendo outros elementos, tais como: ferro, magnésio, cálcio, potássio, lítio, entre outros. Os principais grupos das argilas são: caulinita, illita, esmectita e montmorilonita. Há, ainda, os grupos da clorita, vermiculita e saponita/poligorskita. Segundo Santos (1975), as argilas são formadas por partículas de fração granulométrica de dimensão igual ou inferior a 2 microns ou 0.002 mm, contendo argilominerais.

As argilas dispõem de uma ampla diversidade de aplicações industriais, sendo utilizadas, sobretudo, na indústria cerâmica, onde são divididas em cerâmica vermelha, utilizada na confecção de tijolos de diversos tamanhos, telhas, manilhas, blocos estruturais e lajotas; e cerâmica branca, utilizada na confecção de louça sanitária, porcelana de mesa, porcelana elétrica, porcelana técnica ou de laboratório, assim como na confecção de porcelanato, azulejos, ladrilhos e pastilhas.

Outro setor que também utiliza a argila em seu processo produtivo é a indústria de materiais refratários com produtos sílico-aluminosos e aluminosos, para produção de isolantes térmicos para refratários, isolantes e fibras cerâmicas.

A classificação de uma argila, tendo em vista o seu uso industrial, é realizada através de um diversificado número de análises químicas e caracterizações tecnológicas. Inicialmente, a principal análise a ser solicitada é a identificação dos argilominerais constituintes, seguida da química de óxidos. As análises auxiliam na definição do grupo de argilominerais e na determinação das impurezas presentes no material argiloso, tais como: quartzo, feldspato e mica, além de hidróxidos de ferro e alumínio, que afetam a qualidade no produto final.

A relevância das análises confirma-se pelo tipo de uso das argilas, onde o teor em óxido de ferro, por exemplo, permite a definição do emprego ou não em cerâmica vermelha. Salienta-se que quando este teor encontra-se no intervalo entre 1 a 8 % de Fe_2O_3 , a substância situa-se no grupo das denominadas argilas vermelhas.

Inicialmente, é realizada a classificação das argilas em três grupos cerâmicos pela cor da queima apresentada pelos corpos de prova após secagem a $1100^{\circ}C$, e, posteriormente, após cor da queima a três temperaturas: até $950^{\circ}C$, cerâmica vermelha; até $1250^{\circ}C$, cerâmica branca; e após $1450^{\circ}C$, cerâmica refratária. Em seguida, são classificadas em subgrupos pelas suas propriedades físico-mecânicas ou propriedades cerâmicas, que propicia a especificação para um dos tipos industriais. Para outros fins, são utilizados outros ensaios.

4.1.2.3. Brita

A brita ou pedra britada é todo material resultante da fragmentação mecânica de rochas, sejam de origem magmática, metamórfica ou mesmo sedimentar. Segundo Fração (2007), as britas são denominadas graduadas, quando estão presentes em uma sequência contínua de dimensões, e enumeradas, quando os seus fragmentos encontram-se separados pela abertura de duas peneiras consecutivas. O intervalo de disposição das dimensões é o máximo inferior a 100 mm e o mínimo superior a 4,8 mm (ABNT NBR NM 26).

Os produtos produzidos nas pedreiras por processos de britagem são: britas, areia industrial, pó de pedra (areia artificial), bica corrida e pedrisco, além de rachão e derivados maiores. A brita é o principal produto da britagem da rocha, sendo identificada de acordo com a granulometria, em geral, em cinco categorias, com especificações e usos diferentes (Tabela 4.1).

Convém salientar que a composição mineralógica da rocha a ser britada, a textura e a forma de seus constituintes minerais, incluindo a presença de minerais deletérios, associados ou não à existência de microfissuramentos, constituem fatores determinantes na qualidade da brita a ser produzida, incluindo a possibilidade de ser susceptível à reação álcali-agregados quando aplicada na formulação do concreto.

Para determinar a exata aplicabilidade da brita, principalmente no emprego do concreto, é recomendável a realização de ensaios e análises, denominados de caracterização tecnológica, normatizados pela ABNT. Os principais ensaios exigidos encontram-se regidos pelas seguintes normas:

NBR 7389-2: análises petrográficas da rocha;

NBR 6458 e NBR 9937: determinação de índices físicos (densidade, porosidade e absorção);

NBR 12583: alterabilidade;

NBR 12583 e NBR 12584: reatividade potencial;

NBR 7251: massa unitária;

NBR 5564 e NBR 7809: forma dos grãos;

NBR 9938: resistência ao esmagamento;

NBR 6465: resistência à abrasão;

NBR 5564: resistência à compressão uniaxial.

A petrografia constitui uma ferramenta fundamental no estudo mineralógico e pode ser considerada a análise mais importante em termos de custo-benefício para brita. A análise petrográfica, com foco na identificação de microfissuras, minerais de alteração e na reação álcali-agregados deve ser usada como critério de seleção de materiais aptos a serem utilizados como agregados em concreto.

Tabela 4.1 - Classificação granulométrica de pedra britada e principais usos (SAMPAIO *et al.*, 2001; HAGEMANN, 2011).

PRODUTOS	GRANULOMETRIA (MM)		USOS
	MÍNIMA	MÁXIMA	
Brita 5	76,00	100,00	Estações de tratamento, fossas sépticas
Brita 4	50,00	76,00	Estações de tratamento, fossas sépticas
Brita 3	25,00	50,00	Ferrovias e reforços de pistas
Brita 2	19,00	25,00	Agregado para concreto e base para pavimentação
Brita 1	9,50	19,00	Concreto
Brita 0	4,80	9,50	Blocos, asfaltos, laje pré-fabricada
Pedrisco	0,075	4,80	Asfalto
Pó de pedra	-	0,075	Asfalto
Bica corrida	Granulometria mista		Aterro, base para pavimentação

4.1.2.4. Calcário

As rochas calcárias são rochas sedimentares, representadas por calcários e dolomitos, além de seus correspondentes metamórficos, formadas basicamente por minerais de calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e aragonita (CaCO_3). Os dois primeiros são os constituintes principais dessas rochas e ocorrem em diferentes proporções. No caso do predomínio da calcita, a litologia é considerada calcário (ou mármore calcítico, se metamórfico), caso contrário, trata-se de dolomito (ou mármore dolomítico, se metamórfico). Em função dos teores de Ca e Mg em rochas carbonáticas, existem tipos intermediários que constituem o calcário calcítico impuro e o calcário magnesiano (e seus correspondentes metamórficos). Dependendo da quantidade de argila, o calcário pode ser chamado de marga.

Além dos minerais acima mencionados, ocorrem impurezas, sendo a mais comum a argila, que pode estar disseminada na rocha ou concentrada em porções laminadas. Também, podem ocorrer como impurezas em rochas calcárias, quartzo e micas. Nos calcários metamorfizados ou cristalinos, pode haver impurezas como grafite, epidoto, actinolita, tremolita, diopsídio, entre outras, comprometendo, normalmente, o aproveitamento econômico para a indústria.

Rochas calcárias contendo entre 5 e 10% de material argiloso, quando calcinadas, produzem cal fracamente hidráulica, entretanto, com uma contaminação entre 15 e 30%, resultam numa cal altamente hidráulica. Para fins metalúrgicos e químicos, devem conter menos que 1% de alumina e 2% de sílica (LUZ & LINS, 2008). Já para a produção de cimento, é aceitável até 9,40% de SiO_2 (SCHNELLRATH *et al.*, 2001). Outros compostos prejudiciais ao uso são enxofre e fósforo (sulfetos, sulfatos e fosfatos). Nas indústrias metalúrgicas são exigidos calcários puros, e os teores de enxofre e fósforo não devem ultrapassar os valores de 0,03 e 0,02%, respectivamente.

O calcário ideal para a fabricação do cimento deve ter elevado teor de carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3 \geq 82\%$), baixos teores de sílica ($\text{SiO}_2 < 9,40\%$), óxidos de ferro ($\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1,26\%$) e alumínio ($\text{Al}_2\text{O}_3 < 1,37\%$) e, em particular, baixo teor de carbonato de magnésio ($\text{MgO} < 1,19\%$) (AMBROSIO, 1974).

As rochas calcárias apresentam uma ampla gama de aplicabilidade nos diferentes campos da indústria de transformação mineral, tendo uso na fabricação de cimento, corretivo de solos, complemento de ração animal, vidros, materiais cerâmicos, plástico, tintas, vernizes e produtos farmacêuticos. Na RMM e adjacências a única aplicação para este litotipo é para a produção de cimento.

4.1.2.5. Saibro

Saibro é o produto da decomposição de rochas de composição granítica, que ocorre através de ações

intempéricas, onde ainda é possível ver a textura original da rocha, segundo ABNT NBR 13.529. Porém, essa designação é frequentemente utilizada para uma mistura de sedimentos arenoargilosos usados no preparo de argamassa, independentemente da rocha que lhe deu origem após sofrer intemperismo. O saibro também é empregado como material de empréstimo, sendo considerado a sua parte mais nobre. Esse material é usualmente utilizado na mistura de cimento e areia, muito usada na construção de edificações populares e, por muitas vezes, empregado para aterros de terrenos.

4.1.2.6. Cascalho

Também chamado de pedregulho, é um agregado natural com granulometria na faixa de 4 mm a 4,75 mm. Forma-se através do intemperismo físico, que age sobre as rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares), e do constante atrito sofrido pelos fragmentos durante o transporte pelas águas fluviais. Em geral, apresentam formas arredondadas, subarredondadas a subangulosas, sendo geralmente compostos por seixos de quartzo depositados tanto nos leitos ativos dos rios, quanto nas suas planícies de várzea. Frequentemente, o material composto por seixos, pequenos fragmentos de rocha e/ou de crosta laterítica e areia, pode ser denominado de "cascalho". Assim como o saibro, também, é empregado como material de empréstimo.

4.2. POTENCIALIDADE MINERAL DA RMM E ADJACÊNCIAS

A determinação do potencial mineral dos insumos aplicados na indústria da construção civil na Região Metropolitana de Maceió (RMM) e adjacências teve como base inicial os dados obtidos a partir da compilação bibliográfica, consulta ao banco de dados do GeoSGB, seguida da pesquisa de dados técnicos da Agência Nacional de Mineração (ANM), incluindo a listagem dos títulos minerários, com a identificação da fase atual de cada processo. Buscou-se, através de análises de trabalhos técnicos existentes e checagem em campo dos dados atuais, aferir as relações de caráter geológico entre as ocorrências minerais, sua eventual potencialidade e as unidades estratigráficas correlacionadas.

Foram indicadas 11 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, paralelos (paralelepípedos), areias, cascalho, saibro, além de argilas para cerâmica vermelha e calcário para produção de cimento (Figura 4.2).

As áreas estão representadas no mapa de potencialidade para materiais de construção do projeto (Anexo II). No mapa estão cartografadas as áreas potenciais para cada insumo e as tabelas explicativas que apresentam o potencial e a relação de usos entre as substâncias cadastradas e sua tipologia.

LITOLOGIAS		POTENCIAL					
		AREIA	BRITA/ PARALELO	CALCÁRIO	ARGILA	CASCALHO	SAIBRO
I	Depósitos litorâneos Areias finas e dunas móveis.	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado
II	Depósitos flúvio-lagunares Areias quartzosas, média a muito grossa, geralmente com presença de conchas de bivalves associados.	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Baixo	Inadequado
III	Depósitos aluvionares Areias com intercalações de argila e cascalho e restos de matéria orgânica.	Alto	Inadequado	Inadequado	Baixo	Baixo	Baixo
IV	Rochas clásticas sedimentares Conglomerados ricos em clastos com argila e intercalações de arenitos, siltitos e folhelhos.	Baixo	Inadequado	Inadequado	Alto	Moderado	Moderado
V	Rochas pelíticas Argilitos puros a arenosos com intercalações de sedimentos areno-argilosos.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Moderado	Baixo	Moderado
VI	Cobertura sedimentar Sedimentos areno-argilosos, com níveis de lateritas, cascalhosos, de coloração marrom-avermelhado.	Baixo	Inadequado	Inadequado	Moderado	Moderado	Alto
VII	Suíte intrusiva Granodioritos, monzogranitos e sienogranitos, equigranulares médios a grossos a inequigranulares porfíricos.	Baixo	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado
VIII	Complexo ortognaísico Ortognaisses tonalíticos, granodioríticos e graníticos, em geral migmatizados.	Baixo	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado
IX	Granitoides indiscriminados Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos equigranulares finos a médios, localmente porfírico.	Baixo	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Inadequado
X	Calcários Calcários coquinoídeos cinza claros com intercalações de arenitos finos e folhelhos cinza esverdeados.	Inadequado	Inadequado	Alto	Inadequado	Inadequado	Inadequado
XI	Complexo metassedimentar Paragnaisses bandados, frequentemente migmatizados.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	Baixo	Inadequado	Baixo

Figura 4.2 - Tabela de potencial dos insumos minerais da RMM e adjacências (Mapa de Recursos e Potencial Mineral para Materiais de Construção - Anexo II). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

Área I – Depósitos Litorâneos: corresponde a uma estreita faixa de areia que estende-se, praticamente, por toda região costeira do projeto, englobando uma área de aproximadamente 65 km². Contém sete pontos de recursos minerais cadastrados, todos de areia. A concentração dos pontos ocorre no município de Marechal Deodoro, que correspondem à extração ativa de areia.

Área II – Depósitos Fluviolagunares: têm como principais frentes extrações de areia no leito ativo dos rios Paraíba e Mundaú. Essa área abrange um total de 260 km², na qual foram cadastrados 50 pontos de recursos minerais, entre extrações ativas, inativas e ocorrências, sendo 40 de areia, 7 de argila, 2 de saibro e 1 de pedra de cantaria/paralelo.

Área III – Depósitos Aluvionares: é uma pequena área, de aproximadamente 22 km², localizada entre os municípios de Pilar e Marechal Deodoro. Possui quatro pontos de recursos minerais cadastrados, três ocorrências para areia e uma extração inativa de argila.

Área IV – Rochas Clásticas Sedimentares: abrange uma área de 154 km², na qual foram cadastrados 17 pontos de recursos minerais, tendo seu principal insumo a argila (10) e, moderadamente, saibro (6), sendo ocorrências, e um ponto de extração ativa para calcário (proximidade com a Área X).

Área V – Rochas Pelíticas: pequeno bolsão pelítico, de aproximadamente 15 km², no município de Barra de São Miguel. Possui um ponto de ocorrência de argila como recurso mineral.

Área VI – Cobertura Sedimentar: foram cadastrados 40 pontos de recursos minerais, entre extrações ativas, inativas e ocorrências, de saibro (21), argila (12), areia (4) e brita (3). Abrange uma área de aproximadamente 1610 km².

Área VII – Suíte Intrusiva: compreende uma área com potencial para a produção de brita, pertencente à Suíte Intrusiva Itaporanga. Localiza-se no extremo leste e extremo norte da região do projeto, correspondendo a uma área de 57 km².

Área VIII – Complexo Ortognaísico: área potencial para brita, com aproximadamente 258 km², pertencente ao Complexo Belém de São Francisco. Foram cadastrados dez pontos de recursos minerais, entre extrações ativas, inativas e ocorrências.

Área IX – Granitoides Indiscriminados: corresponde a uma área de aproximadamente 188 km², com 10 pontos de recursos minerais cadastrados, sendo seis de extrações para brita.

Área X – Calcários: compreende uma pequena área localizada no município de São Miguel dos Campos, com

aproximadamente 10 km². Dessa área provém todo calcário para a produção de cimento da região.

Área XI – Complexo Metassedimentar: área de aproximadamente 490 km². Foram cadastrados nove pontos de recursos minerais, sendo areia (4) e argila (5).

4.3. TIPOLOGIA DOS JAZIMENTOS E CARACTERIZAÇÃO MINERAL DOS INSUMOS DA RMM E ADJACÊNCIAS

Foram cadastrados e consistidos 138 pontos de recursos minerais na Região Metropolitana de Maceió e adjacências, entre ocorrências e extrações ativas e inativas. Os pontos foram identificados e classificados de acordo com as informações de campo dos insumos, o status econômico, as feições geológicas, a tipologia dos jazimentos provenientes e a morfologia dos depósitos/ocorrências. Também foram utilizadas as informações das áreas requeridas junto à ANM. Ao todo, foram catalogados seis tipos de insumos, sendo eles: areia, brita/paralelo, argila, saibro, cascalho e calcário.

A relação entre as substâncias cadastradas na área do projeto e a tipologia dos depósitos onde estas ocorrem,

além de uma descrição sucinta das características de cada uma dessas tipologias, encontra-se descrita na Tabela 4.2.

4.3.1. Areias

Os depósitos de areia localizados na Região Metropolitana de Maceió e adjacências ocorrem associados a vários domínios geológicos distintos, sendo: leito ativo, terraços aluvionares e cobertura arenosa, além das areias industriais, que são agregados miúdos gerados a partir da cominuição de rochas por processos mecânicos. Na região, as areias provêm das rochas do Complexo Belém do São Francisco e dos Granitoides Indiscriminados.

Foram cadastrados um total de 56 pontos de areia associados às tipologias referenciadas na Tabela 4.3 e na Figura 4.3.

4.3.1.1. Cobertura Arenosa

As coberturas arenosas estão associadas aos depósitos da Área Potencial I (Figura 4.2 e Anexo II). Os depósitos associados à cobertura arenosa caracterizam-se por areias inconsolidadas, ricas em quartzo, com alto grau de pureza,

Tabela 4.2 - Tabela de tipologia, características e uso dos principais insumos minerais para a construção civil na RMM e Adjacências.

INSUMO	TIPOLOGIA	CARACTERÍSTICAS	USO
Areia	Leito de rio	Areia média a muito grossa, coloração creme, mal selecionada, com variável teor de argila e cascalho, geralmente com presença de conchas de bivalves associados. Depósito em leito ativo.	Preparação de concreto e argamassa.
	Terraço aluvionar	Areia média a grossa, moderadamente selecionada, com intercalações de argila e cascalho e restos de matéria orgânica. Depósitos em terraço aluvionar.	Preparação de concreto e argamassa.
	Cobertura arenosa	Areias ricas em quartzo, finas a muito finas, bem selecionadas, de coloração cinza-esbranqueçado a branca. Depósitos litorâneos.	Preparação de concreto e argamassa; Industrial.
	Industrial	Areia média a grossa, cinza, composta por fragmentos de rocha, gerada artificialmente pela cominuição de granitoides. A granulometria depende da cominuição realizada.	Preparação de concreto e argamassa.
Brita	Metamórfico	Ortognaisses tonalíticos, granodioríticos e graníticos, em geral migmatizados, equigranulares, médios a grossos, a inequigranulares, textura ígnea com fenoclastos de feldspato.	Preparação de concreto; pedra para revestimento e calçamento.
	Magmático	Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente equigranulares finos a médios, às vezes grossos, localmente porfírico.	Preparação de concreto; pedra para revestimento e calçamento.
Calcário	Sedimentar	Calcários coquinoídeos, cinza-claros com intercalações de arenitos finos e folhelhos cinza-esverdeados.	Cimento; brita.

Tabela 4.2 - Tabela de tipologia, características e uso dos principais insumos minerais para a construção civil na RMM e Adjacências. (continuação)

INSUMO	TIPOLOGIA	CARACTERÍSTICAS	USO
Argila	Aluvionar	Argila em terraço aluvionar, cinza a cinza-escuro.	Cerâmica vermelha.
	Residual	Argila esbranquiçada em manto de alteração de rochas.	Cerâmica vermelha.
	Sedimentar	Sedimentos arenoargilosos.	Cerâmica vermelha.
Cascalho	Residual	Friável de coloração esbranquiçada, fragmentos angulosos, residual do intemperismo de rochas de composição graníticas.	Pavimentação de estradas; material de empréstimo.
	Sedimentar	Friável de coloração marrom, composto por fragmentos arredondados, mal selecionados em leito ou terraço aluvionar.	Pavimentação de estradas; material de empréstimo.
Saibro	Sedimentar	Sedimentos arenoargilosos, com níveis de lateritas, cascalhosos, de coloração marrom-avermelhada a marrom-alaranjada.	Material de empréstimo.

Tabela 4.3 - Pontos de areias cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 004	25L	190902	8935909	Santa Luzia do Norte	Loteamento Benedito Mascarenhas	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.008/2018
2	KC 005	25L	185185	8920113	Marechal Deodoro	Sítio São João	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.003/2013
3	KC 006	25L	182242	8922245	Marechal Deodoro	Fazenda Bom Jesus -Loteamento	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Sem processo
4	KC 011	25L	183125	8919738	Marechal Deodoro	Loteamento El Dourado	Cobertura arenosa	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº844.022/2011
5	KC 013	25L	185393	8917018	Marechal Deodoro	Sítio dos Accioly	Cobertura arenosa	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.145/2008
6	KC 014	25L	185426	8917255	Marechal Deodoro	Sítio dos Accioly	Cobertura arenosa	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.145/2008
7	KC 016	25L	185079	8916731	Marechal Deodoro	Sítio dos Accioly	Cobertura arenosa	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.002/2015
8	KC 017	25L	184715	8918160	Marechal Deodoro	Fábrica de Pré-Moldados Blocompacto	Cobertura arenosa	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº844.002/2015
9	KC 018	25L	178354	8916925	Marechal Deodoro	Zona rural de Marechal Deodoro	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.108/2013
10	KC 020	25L	186586	8917272	Marechal Deodoro	Sítio do Sr. Lula Leão	Cobertura arenosa	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.085/2013
11	KC 045	24L	810025	8952100	Atalaia	Localidade de Primavera	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.085/2010
12	KC 050	24L	807494	8948995	Atalaia	Localidade de Porangaba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.007/2020
13	KC 051	24L	810368	8945878	Atalaia	Localidade de Lajes	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.143/2011
14	KC 052	24L	818017	8940402	Atalaia	Rio Porangaba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.144/2013
15	KC 054	25L	180830	8933849	Pilar	Próximo à Lagoa Manguaba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Sem processo
16	KC 055	25L	179094	8936163	Pilar	Próximo à Lagoa Manguaba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Sem processo

Tabela 4.3 - Pontos de áreas cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
17	KC 056	25L	177490	8936470	Pilar	Próximo à Lagoa Mangaba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Sem processo
18	KC 059	24L	826890	8946061	Atalaia	Riacho Breião	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.166/2012
19	KC 060	24L	826294	8949306	Atalaia	Beco da olária	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.006/2011
20	KC 061	24L	826577	8949955	Atalaia	Rua Principal	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.006/2011
21	KC 063	24L	824585	8943476	Atalaia	Localidade de Sapucaia	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.180/2011
22	KC 065	25L	184612	8940165	Satuba	Rod. Cap. Pedro Teixeira	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.010/2020
23	KC 066	25L	174748	8928078	Marechal Deodoro	AL - 215	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.048/2018
24	KC 067	25L	174944	8931045	Marechal Deodoro	Localidade de Oitizeiro	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Sem processo
25	KC 068	25L	171391	8932095	Pilar	Localidade de Oitizeiro	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.146/2011
26	KC 070	24L	828496	8936950	Pilar	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.063/2012
27	KC 071	24L	828739	8936557	Pilar	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.125/2013
28	KC 072	24L	828995	8936215	Pilar	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.125/2013
29	KC 073	24L	829290	8935857	Pilar	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.125/2013
30	KC 074	24L	828998	8939527	Atalaia	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.066/2014
31	KC 075	24L	828547	8938613	Pilar	Rio Paraíba	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.066/2014
32	KC 079	25L	188246	8939797	Satuba	Próximo ao antigo engenho	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Sem processo
33	KC 080	25L	177121	8943418	Pilar	Próximo a Ciano Soluções Ambientais	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.038/2013
34	KC 083	25L	185969	8945561	Rio Largo	Usina Utinga Leão	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.174/2013
35	KC 084	25L	189137	8939835	Satuba	Rua da Borracharia Bom Jesus	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.078/2015
36	KC 088	25L	186925	8943448	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.093/2011
37	KC 089	25L	187276	8943368	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.093/2011
38	KC 090	25L	186763	8943469	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.093/2011
39	KC 091	25L	186349	8943748	Rio Largo	Rio Mundaú	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.005/2012

Tabela 4.3 - Pontos de áreas cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
37	KC 089	25L	187276	8943368	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.093/2011
38	KC 090	25L	186763	8943469	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.093/2011
39	KC 091	25L	186349	8943748	Rio Largo	Rio Mundaú	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.005/2012
40	KC 092	25L	186982	8946063	Rio Largo	Rio Mundaú	Leito ativo	Areia	Garimpo inativo	Processo ANM Nº 844.088/2009
41	KC 094	25L	171854	8933942	Pilar	Rua Eronides Pereira da Silva	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.145/2011
42	KC 102	25L	185243	8961115	Murici	Zona rural de Murici	Aluvionar	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.103/2016
43	KC 103	25L	183879	8958770	Murici	Zona rural de Murici	Leito ativo	Areia	Garimpo inativo	Sem processo
44	KC 104	25L	183599	8963161	Murici	Zona rural de Murici	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.004/2011
45	KC 109	25L	181523	8966902	Murici	Rio Bulangi - Próximo a BR 104	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.018/2012
46	KC 110	25L	181224	8965606	Murici	Rio Bulangi - Próximo a BR 105	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.039/2017
47	KC 111	25L	175775	8969062	Murici	Rio Mundaú - Ao lado da Ponte de acesso a zona rural	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Sem processo
48	KC 112	25L	174254	8970508	Murici	Rio Mundaú - Próximo a rua Gastão Tenório	Leito ativo	Areia	Garimpo inativo	Processo ANM Nº 844.162/2011
49	KC 115	25L	173796	8971833	Murici	Rio Mundaú - Zona rural de Murici	Leito ativo	Areia	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.162/2011
50	KC 118	25L	170810	8973371	Murici	Rio Mundaú - Próximo a localidade de Branquinha	Leito ativo	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.095/2015
51	KC 119	25L	172531	8969284	Murici	Próximo a Brita Forte	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Sem processo

Tabela 4.3 - Pontos de áreas cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
52	KC 124	25L	212610	8944772	Maceió	Atrás do Amorim Construções	Cobertura arenosa	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.127/2014
53	KC 125	25L	207062	8948130	Maceió	Zona rural de Maceió	Aluvionar	Areia	Ocorrência	Processo ANM Nº 840.060/1984
54	KC 126	25L	218278	8951480	Paripueira	Próximo à rua Projetada Cbt. Vinte e Três	Cobertura arenosa	Areia	Ocorrência	Sem processo
55	KC 127	25L	224420	8958019	Barra de Santo Antônio	Próximo ao Rio Jirituba	Cobertura arenosa	Areia	Ocorrência	Sem processo
56	KC 137	25L	188146	8940420	Satuba	Zona rural de Satuba	Leito ativo	Areia	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.073/2016

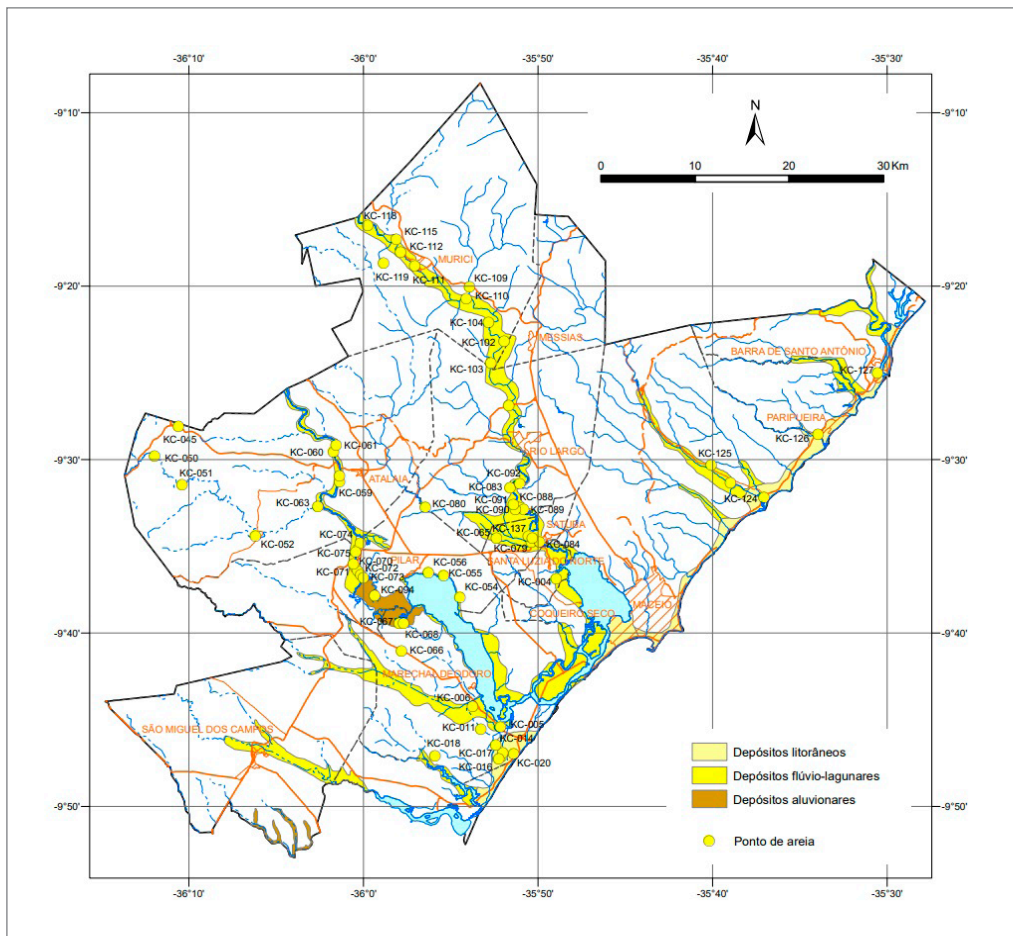


Figura 4.3 - Localização dos pontos cadastrados para a areia. Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.

de granulometria muito fina a média, geralmente bem selecionadas, com grãos subarredondados a arredondados e coloração cinza a cinza-esbranquiçado (Figura 4.4).

Constituem depósitos extensos, que se distribuem ao longo de toda linha de costa da região metropolitana, com larguras variáveis e formas alongadas, e repousam sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. São depósitos holocênicos, com espessuras que chegam a 5-6 metros, na região de Marechal Deodoro (Figura 4.5), e a 2 metros em determinados pontos da região de Paripueira.

4.3.1.2. Leito de rio

Os dois principais rios que fornecem os insumos desse tipo na RMM e adjacências são o Paraíba e o Mundaú, onde abastecem as lagoas Manguaba e Mundaú, respectivamente. As principais fontes de areia da região metropolitana são oriundas dessa tipologia e estão correlacionados a Área Potencial II. Também fazem parte os depósitos menores em pequenos rios, córregos e riachos dispersos por toda área do projeto.

Em geral, são areias quartzosas, em alguns pontos silto-sas, mal selecionadas, de granulometria fina a grossa, coloração creme a cinza-amarelada (Figura 4.6). Em determinados

trechos, apresentam fragmentos de conchas de bivalves, principalmente próximo às lagoas, onde são retiradas através do processo de lavagem e peneiramento simples (Figura 4.7). As extrações no leito ativo da Lagoa Manguaba, por se tratarem de pequeno porte para consumo local, não passam por esse cuidado na retirada do material.



Figura 4.4 - Areia quartzosa inconsolidada de granulometria muito fina a fina. Depósitos Litorâneos - Marechal Deodoro/AL (Afloramento 013). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 4.5 - Frente de lavra de areia em sedimentos de depósitos litorâneos. Depósitos litorâneos - Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 013). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 4.6 - Areia extraída do leito ativo do rio Mundaú para consumo local. Depósitos Fluviolagunares - Murici/AL (Afloramento KC 103). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 4.7 - Extração de areia no leito ativo do Rio Mundaú. Depósitos Fluviolagunares – Satuba/AL (Afloramento KC 084). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.1.3. Terraço aluvionar

Os depósitos em terraços aluvionares constituem bolsões de areia inconsolidada, acomodados ao longo dos sedimentos arenoargilosos de planície de inundação. São formados por areias quartzosas, grossa na base, seguida de média a fina na parte superior dos depósitos. Normalmente, essas areias apresentam melhores selecionamento e grau de arredondamento que as areias associadas a leito ativo de rio, e, por vezes apresentam níveis arenoargilosos de coloração cinza a cinza-escuro. Também é comum a presença de seixos esparsos de quartzo na base.

Esse litotipo não é muito explorado na região, embora apresente uma boa representatividade, não apenas na Área Potencial III, onde apresenta uma quantidade significativa de material, como pontualmente em locais distintos espalhados por toda a região (Tabela 4.3). Os principais depósitos associados (Figura 4.8) estão entre os municípios de Pilar e Marechal Deodoro, nas áreas de várzea do Rio Salgado e do Rio Mundaú.



Figura 4.8 - Frente de extração de areia em depósito aluvionar. Depósitos aluvionares – Murici/AL (Afloramento KC 102). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.1.4. Areia industrial (artificial)

A areia industrial é um agregado miúdo artificial gerado a partir da cominuição de rochas através de processos mecânicos similares a britagem. A composição da areia irá depender do material cominuído. Na região do projeto, o material é oriundo das rochas de composição granítica o Complexo Belém de São Francisco e dos Granitoides Indiscriminados.

Na RMM e adjacências, todas as minerações de brita realizam esse processo, sendo um dos produtos principais. Após passar por processos de beneficiamento e classificação, geralmente, são separadas e comercializadas como areia média e grossa (Figura 4.9).



Figura 4.9 - Areia industrial gerada pela cominuição de rochas. Granitoides indiscriminados – Atalaia/AL (Afloramento KC 085).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.1.5. Caracterização tecnológica das areias

A caracterização das areias da RMM e adjacências foi realizada a partir de análises em sete amostras representativas dos principais tipos de depósitos explotáveis na região. Foram coletadas amostras para caracterização granulométrica e mineralógica.

A granulometria é uma das principais características tecnológicas das areias, onde, segundo a NBR 7211 (2009), os grãos são classificados em quatro faixas, denominadas muito fina, fina, média e grossa. Essa nomenclatura não deve ser confundida com a escala de Wentworth. Na norma, todas as quatro faixas estão entre a graduação 0,15 - 4,8 mm, porém diversificam-se pelas diferentes porcentagens de tamanhos dos grãos, e não pelos limites inferior e superior dos diâmetros.

Para o uso em concreto, a norma estabelece que a curva granulométrica do material utilizado desenvolva-se entre os limites inferior e superior da Tabela 4.4, que define as faixas granulométricas em zonas. O módulo

de finura da zona ótima varia entre 2,20 a 2,90. Já o módulo de finura da zona utilizável inferior e superior variam entre 1,55 a 2,20 e 2,90 a 3,50, respectivamente. Contudo, podem ser empregados como agregados miúdos para concreto, com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade.

As amostras KC 013 e KC 126 foram coletadas em depósitos litorâneos. São areias quartzosas, esbranquiçadas, bem selecionadas. A primeira é classificada como areia muito fina a fina e encontra-se próxima ao limite baixo da zona utilizável inferior. A segunda é caracterizada como muito fina a média, estando também na zona inferior utilizável (Tabela 4.5). Em função da granulometria e por tratar-se de areias enriquecidas em quartzo, foram realizados ensaios de caracterização mineralógicas das amostras, principalmente para verificar o seu grau de pureza e teor em SiO₂ (Tabela 4.6). Desta forma, foi possível analisar a possibilidade do seu uso na indústria de vidros ou na produção do silício metálico, onde confirmou-se a probabilidade do material ser utilizado para fins industriais por apresentar uma porcentagem de 99% de quartzo.

As amostras de areia industrial ou areia artificial, KC 042 e KC 086, apresentam granulometria majoritariamente grossa, com grande proporção de areia média. Ambas estão muito próximas ao limite superior da zona utilizável superior para concreto (Tabela 4.5), e se tratando de areias industriais, onde o limite é 80% na peneira de 0,15 mm, segundo os dados amostrados, são aptas para aplicação no concreto.

A amostra KC 102, proveniente de depósito aluvionar, é classificada como muito fina a média, mostrando-se muito próxima ao limite entre a zona utilizável inferior e a zona ótima (Tabela 4.5), pela análise do módulo de finura.

Foram coletadas duas amostras em depósitos fluvio-lagunares, KC 055 e KC 070, sendo a primeira originária do

Tabela 4.4 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo – NBR 7211 (2009)

PENEIRA COM ABERTURA DE MALHA (ABNT NBR NM ISSO 3310-1)	PORCENTAGEM, EM MASSA, RETIRADA ACUMULADA			
	LIMITES INFERIORES		LIMITES SUPERIORES	
	ZONA UTILIZÁVEL	ZONA ÓTIMA	ZONA ÓTIMA	ZONA UTILIZÁVEL
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
0,6 mm	15	35	55	70
0,3 mm	50	65	85	95
0,15 mm	85	90	95	100

Tabela 4.5 - Resultados da análise granulométrica para amostras de areia da RMM e adjacências.

AMOSTRA	NÚMERO DE LABORATÓRIO	RETIDO NAS PENEIRAS (%)								MÓDULO DE FINURA	TEOR DE FINOS (%)	GRADUAÇÃO
		6,3 MM	4,75 MM	2,36 MM	1,18 MM	0,6 MM	0,3 MM	0,15 MM	<0,15 MM			
KC 013	FFU910	0,00	0,00	0,00	0,04	1,14	70,09	28,11	0,29	1,72	0,08	Uniforme
KC 042	FFU915	0,00	2,27	38,18	18,93	8,63	10,18	9,25	12,56	3,35	6,31	Bem graduado
KC 055	FFU911	0,91	2,41	3,35	13,34	27,48	39,71	10,76	2,05	2,63	0,22	Bem graduado
KC 070	FFU912	0,00	0,15	1,99	8,75	22,21	38,67	18,01	10,23	2,07	2,36	Bem graduado
KC 086	FFU916	0,00	1,16	32,85	25,65	10,21	11,12	10,88	8,12	3,37	3,11	Bem graduado
KC 102	FFU913	0,00	0,00	2,21	18,22	13,50	35,20	18,38	12,50	2,13	5,32	Bem graduado
KC 126	FFU914	0,00	0,00	0,00	0,02	6,77	87,07	5,86	0,27	2,00	0,07	Uniforme

Tabela 4.6 - Análises mineralógicas semiquantitativas de amostras dos depósitos litorâneos.

	AMOSTRA	FFV 589 (KC 013)	FFV 590 (KC 020)	FFV 591 (KC 126)
MINERAL (%)	OURO	Amostra negativa para ouro	Amostra negativa para ouro	Amostra negativa para ouro
	CHUMBO	-	-	-
	PIRITA	-	-	-
	MARCASSITA	-	-	-
	GALENA	-	-	-
	BLENDAS	-	-	-
	MOLIBDENITA	-	-	-
	PIRITA LIMONITA	-	-	-
	MAGNETITA	-	-	-
	HEMATITA	-	-	< 1
	ILMENITA	< 1	< 1	< 1
	LIMONITA	-	-	< 1
	ÓXIDO DE MANGANÊS	-	-	-
	CASSITERITA	-	-	-
	COLUMBITA-TANTALITA	-	-	-
	RUTILO	< 1	< 1	< 1
	CROMITA	-	-	-
	ANATÁSIO	-	-	-
	ESPINÉLIO	-	-	-
	LEUCOXÊNIO	< 1	< 1	< 1
	SCHEELITA	-	-	-
	CARBONATO	-	-	-
	MONAZITA	-	-	< 1
	APATITA	-	-	-
	GORCEIXITA	-	-	-
	ZIRCÃO	< 1	< 1	< 1
	TURMALINA (schorlita)	< 1	< 1	< 1
	CIANITA	-	-	-
	ESTAUROLITA	< 1	< 1	< 1
	ANDALUZITA	-	-	-
	SILLIMANITA	-	-	-
	EPIDOTO	-	-	< 1
	ESFENO	-	-	-
	OLIVINA	-	-	-
	GRANADA	-	-	-
	PIROXÊNIO	-	-	-
	ANFIBÓLIO	-	< 1	-
	MICA	-	-	-
	QUARTZO	99	99	99
	FELDSPATOS	< 1	< 1	< 1
SELADONITA	-	-	-	
GLAUCONITA	-	-	-	
SERPENTINA	-	-	-	
BERILO	-	-	-	
FRAGMENTO DE ROCHA	-	-	-	
AGREGADO TERROSO	-	-	-	

Tabela 4.6- Análises mineralógicas semiquantitativas de amostras dos depósitos litorâneos. (continuação)

	AMOSTRA	FFV 589 (KC 013)	FFV 590 (KC 020)	FFV 591 (KC 126)
CARACTERÍSTICAS	PESO - LEVE (g)	190,15	127,69	185,68
	PESO - PESADO (g)	0,05	0,05	0,17
	GRAU DE ARREDONDAMENTO	Predominam grãos subangulosos a subarredondados	Predominam grãos subangulosos a subarredondados	Predominam grãos angulosos a subangulosos
	ESFERICIDADE	Alta	Alta	Moderada
	SELEÇÃO	Muito bem selecionada	Muito bem selecionada	Bem selecionada
	MATERIAL ORGÂNICO	Fragmentos de vegetais	Raros fragmentos de vegetais	Raros fragmentos de vegetais
	CLASSIFICAÇÃO WENTWORTH (1922)	Predominantemente areia fina	Predominantemente areia fina	Predominantemente areia com areia fina
	CLASSIFICAÇÃO SHEPARD	Areia	Areia	Areia
	TEXTURA SUPERFICIAL	Lisa	Lisa	Lisa
	GRADUAÇÃO	Uniforme	Uniforme	Uniforme

leito ativo da Lagoa Manguaba e a segunda do leito ativo do Rio Paraíba. Classificam-se majoritariamente como areia muito fina a fina, com pequena quantidade de areia média. A primeira amostra encontra-se dentro da zona ótima, a segunda na zona utilizável inferior (Tabela 4.5).

Metodologia: Amostra foi microbatejada para separar minerais pesados, seca em estufa 80°C, submetida ao imã de mão e separador eletromagnético FRANTZ (0.3, 0.5, 0.75 Ampéres). A análise mineral foi com lupa binocular, microscópio petrográfico, mineralight ultravioleta ondas longas e curtas e ensaios microquímicos.

A determinação do material fino é importante para quantificar materiais menores do que 75 µm (teor de finos) (Tabela 4.5), que podem ocorrer revestindo partículas ou dispersos nos agregados. Esses materiais aumentam a utilização de água, reduzindo a resistência à compressão uniaxial e a tração. A Norma ABNT NBR NM 46 aponta dois limites para diferentes aplicações em concretos: o limite de até 3% de materiais finos, indicados para a utilização em concretos submetidos a desgaste superficial, e entre 3% e 5%, para a utilização em concretos protegidos de desgaste superficial.

As amostras KC 013, KC 055, KC 070 e KC 126, de acordo o teor de finos, estão dentro do limite para utilização em concretos submetidos a desgaste superficial. A amostra KC 102 excede o limite para utilização em concretos protegidos de desgaste superficial.

É importante que a areia para utilização em concreto seja composta por minerais resistentes à alteração. O material com grande quantidade de feldspatos, micas e outras substâncias que apresentem alto grau de alterabilidade são prejudiciais à qualidade do concreto. Deste modo, é de fundamental importância selecionar areias com percentuais mais elevados de quartzo para

essa finalidade. Recomenda-se, portanto, caracterização mineralógica e, se possível, geoquímica para confirmação da aplicabilidade das amostras em concreto.

4.3.2. Brita e Paralelo

Os pontos potenciais cadastrados para pedra britada localizados na Região Metropolitana de Maceió e adjacências ocorrem associados a rochas de composição graníticas. Essas tipologias pertencem às rochas metamórficas do Complexo Belém de São Francisco e às rochas ígneas dos Granitoides Indiscriminados e da Suíte Itaporanga.

Foram cadastrados um total de 13 pontos de recursos minerais associados a essas tipologias (Tabela 4.7) (Figura 4.10).

4.3.2.1. Rochas magmáticas

Na RMM e adjacências, a tipologia é representada por duas unidades geológicas, os Granitoides Indiscriminados e a Suíte Intrusiva Itaporanga, pertencentes ao Domínio Pernambuco-Alagoas. Em geral, ambas as unidades são rochas leucocráticas a mesocráticas, equigranulares a inequigranulares porfiríticas, compostas essencialmente por quartzo e feldspatos (Figura 4.11).

A Suíte Itaporanga não apresenta extração (ativa ou inativa) na região, apenas ocorrências, sendo correspondente a Área Potencial VII (Anexo II, Figura 4.10), ainda sem muita expressão econômica. Por outro lado, os Granitoides Indiscriminados, situados na Área Potencial IX (Anexo II, Figura 4.10), são responsáveis pela maior produção de pedra britada da região, com cinco lavras ativas (Figura 4.12).

Tabela 4.7 - Pontos de brita/granitoide cadastrados no projeto, com suas respectivas tipologias de depósitos.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 042	25L	181097	8950261	Rio Largo	BR 101, KM 88	Magmático	Brita	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.152/2010
2	KC 043	25L	176335	8952266	Atalaia	Urubá	Magmático	Brita	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.130/2014
3	KC 048	24L	805563	8948749	Atalaia	Próximo à localidade de Flecheiras	Magmático	Granito	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.143/2014
4	KC 049	24L	804006	8947170	Marimbondo	Próximo à localidade de Flecheiras	Metamórfico	Granito	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.143/2014
5	KC 085	24L	829179	8939841	Atalaia	Próximo à Usina Terra Nova	Magmático	Granito	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.092/2015.
6	KC 086	25L	174962	8968624	Murici	Alto do Cruzeiro	Metamórfico	Granito	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.162/2013
7	KC 087	25L	188164	8957818	Rio Largo	Floriano	Magmático	Granito	Mina ativa	Processo ANM Nº 840.068/1992
8	KC 108	25L	193117	8974004	Flexeiras	BR 101 - Próximo ao trevo de Flexeiras	Metamórfico	Granito	Mina inativa	Processo ANM Nº 844.072/2010
9	KC 113	25L	174733	8970388	Murici	Próximo à rua Gastão Tenório	Metamórfico	Granito/ Paralelo	Garimpo ativo	Processo ANM N 844.168/2013
10	KC 114	25L	175477	8971695	Murici	Próximo à BR 104	Metamórfico	Granito/ Paralelo	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 840714/1988
11	KC 116	25L	174024	8968828	Murici	Próximo à Brita Forte	Metamórfico	Granito/ Paralelo	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 844.086/2015
12	KC 120	25L	175847	8970699	Murici	Próximo à Indústria de Laticínios Murici	Metamórfico	Granito/ Paralelo	Garimpo ativo	Processo ANM Nº 840.714/1988
13	KC 132	25L	201320	8959790	Maceió	AL 105 – Próximo à Usina Cachoeira do Meirim	Magmático	Brita	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.101/2008

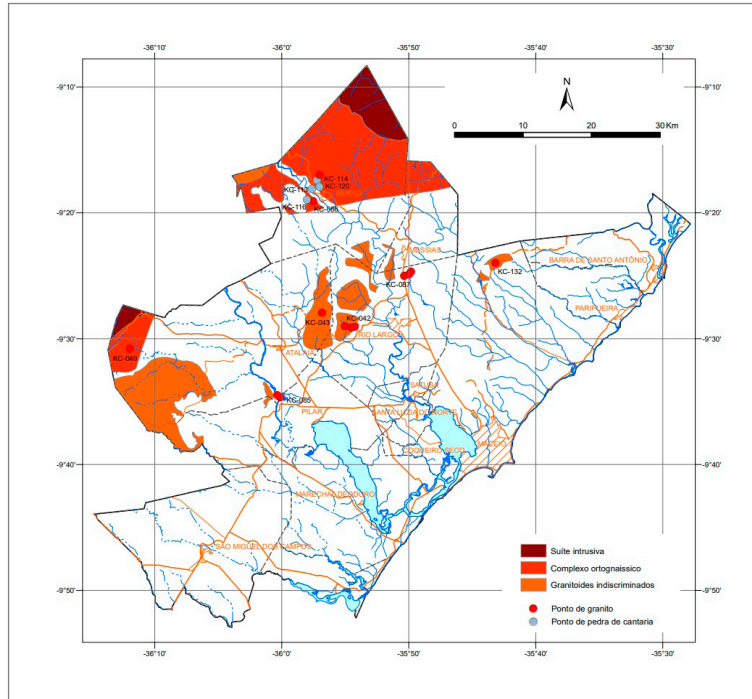


Figura 4.10 - Localização dos pontos cadastrados para Brita/pedra de cantaria (paralelo). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.



Figura 4.11 - Detalhe do biotita anfibólio monzogranito. Granitoides Indiscriminados – Maceió/AL (Afloramento KC 132). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.2.2. Rochas metamórficas

Todas as rochas representadas por essa tipologia provêm do Complexo Belém de São Francisco. Constituem tipos leucocráticos a mesocráticos, equigranulares médios a inequigranulares porfíricos, com fenocristais de feldspatos, apresentando, por muitas vezes, foliação milonítica (Figura 4.13).

Essa unidade é responsável por toda produção de paralelo (paralelepípedo e pedra de cantaria) da região metropolitana, além da produção de pedra britada. Corresponde à Área Potencial VIII (Anexo II), e tem a grande concentração de extração nas proximidades do município de Murici.

4.3.2.3. Caracterização petrográfica

A descrição da composição mineralógica e textural da rocha a ser britada é extremamente importante para especificação da qualidade da brita, uma vez que a presença de minerais friáveis ou alteráveis, associadas ou não à existência de microfissuramentos, podem prejudicar suas propriedades, incluindo a possibilidade de ocorrer reação álcali-agregados.

A caracterização petrográfica foi realizada com base na norma ABNT NBR 7389. As amostras analisadas obedecem aos padrões de rochas pouco alteradas (intemperizadas), com propriedades físicas preservadas.

As rochas da Suíte Itaporanga, em geral, apresentam-se de forma inequigranular, com foliação do tipo milonítica de caráter anastomosado, de granulação muito fina a grossa,



Figura 4.12 - Frente de lavra no biotita ortognaissico monzogranítico. Granitoides Indiscriminados – Atalaia/AL (Afloramento KC 085). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 4.13 - Biotita anfibólio ortognaisse monzogranítico. Complexo Belém de São Francisco - Murici/AL (Afloramento KC 113). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

onde são verificados texturas holocristalina, fanerítica, porfirítica a porfiroclástica. Compostas, mineralogicamente, por plagioclásio, ortoclásio, microclínio, quartzo, biotita, titanita, alanita, epidoto, muscovita, apatita, zircão, minerais opacos e hidróxidos de ferro (Figura 4.14).

Os Granitoides Indiscriminados apresentam, usualmente, rochas inequigranulares, porfiríticas, de granulação muito fina a grossa, com foliação incipiente a moderada do tipo “de forma”. Com textura hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica e mirmequítica, sendo constituídas por pórfiros de granulação média a grossa de microclínio, ortoclásio e plagioclásio, os quais estão envolvidos por uma matriz de granulação muito fina a média, e composta por plagioclásio, microclínio, ortoclásio, quartzo, biotita, titanita, epidoto, alanita, apatita, zircão e minerais opacos (Figura 4.15).

Comumente, as rochas do Complexo Belém de São Francisco são rochas de granulação muito fina a grossa,

onde são verificadas as texturas holocristalina, heterogranular a inequigranular, com foliação do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, com desenvolvimento de textura de macla “em flama” em alguns plagioclásios, lepidoblástica de natureza descontínua e de caráter anastomosado, nematoblástica com desenvolvimento incipiente a moderado, chessboard em quartzo, e mirmequítica, sendo constituídas por plagioclásio, microclínio, ortoclásio em geral do tipo pertítico, quartzo, hornblenda, biotita, titanita, epidoto, apatita, zircão, opacos e hidróxidos de ferro (Figura 4.16).

A descrição da mineralogia e a classificação das amostras coletadas na RMM e adjacências constam de forma simplificada na Tabela 4.8 e de forma integral no Anexo VI.

4.3.2.4. Reação álcali-agregado

A reação álcali-agregado é um parâmetro extremamente importante em relação aos agregados. Trata-se de uma avaliação do potencial de reatividade e de interação com agentes meteóricos ou do próprio cimento. Os principais tipos de interação ocorrem entre álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato, e podem resultar em severas deteriorações no concreto (LIMA; SILVA; COSTA, 2009).

A reação álcali-sílica é a mais comum e ocorre quando o agregado possui minerais amorfos ou de estrutura cristalina instável, como sílica microcristalina (calcedônia), quartzo tensionado, feldspato mirmequítico e outros, capazes de reagir com os álcalis do cimento (LIMA; SILVA; COSTA, 2009). Como consequência, são formados produtos expansíveis, causando tensões internas nas estruturas de concreto que podem evoluir para fissuras, trincas e outras patologias que comprometem a durabilidade e a segurança da obra. As reações álcali-sílica e álcali-silicato diferem apenas pelo tempo, pois a segunda demora mais para apresentar as patologias. A reação álcali-carbonato é mais rara e nem sempre cria

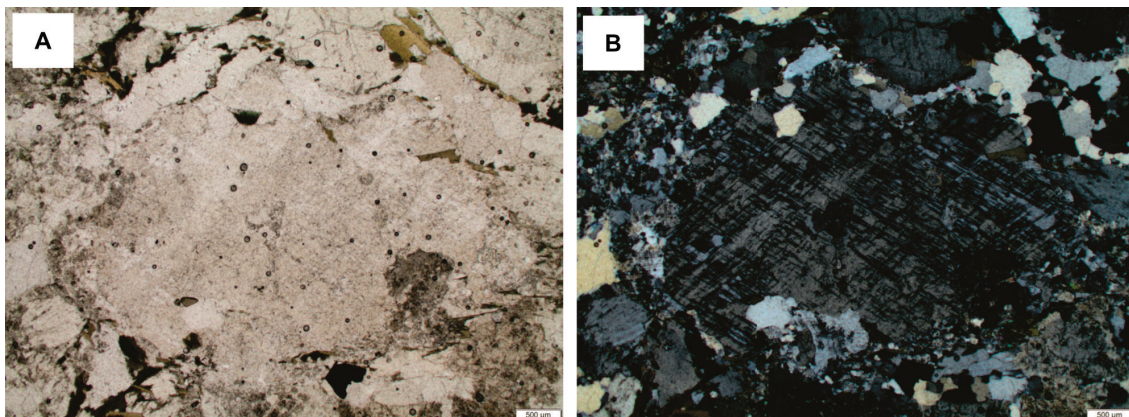


Figura 4.14 - Fotomicrografias de rochas da Suíte Intrusiva Itaporanga. Titanita biotita-sienogranito (quase no limite com o campo composicional dos monzogranitos, segundo critérios estabelecidos por Streckeisen 1976). Fenocristais de K-feldspato, tipo Microclina, evidenciado ao centro. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo de 25%. A – Nicóis paralelos; B – Nicóis cruzados. (Afloramento KC 048). Fonte: Maria Angélica Fonseca Sampaio, 2019.

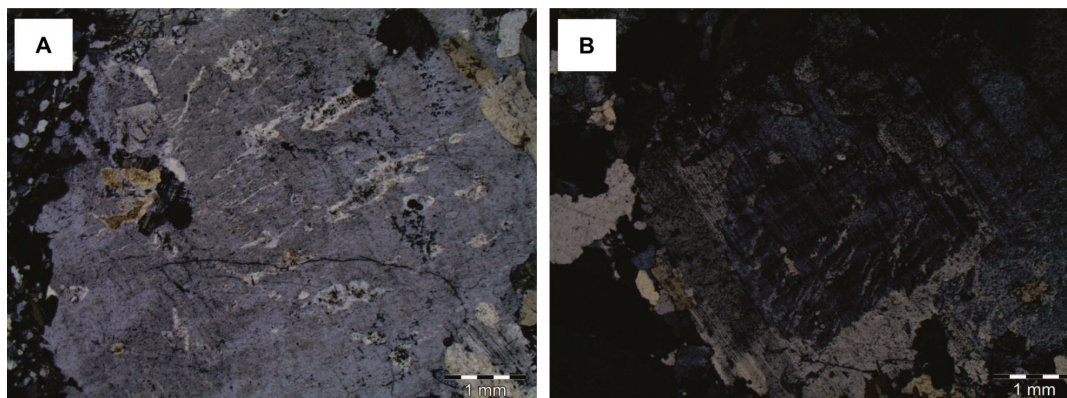


Figura 4.15 - Fotomicrografias de rochas da Unidade Granitoides Indiscriminados. Biotita anfibólio monzogranito. A - Megacristais de alcalifeldspato, tipo Microclina, mostrando textura pertítica (exsolução de plagioclásio). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo de 25% - nicóis cruzados; B - Feldspatos mostrando zoneamento mineral. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo de 25% - nicóis cruzados. (Afloramento KC 132). Fonte: Maria Angélica Fonseca Sampaio, 2019.

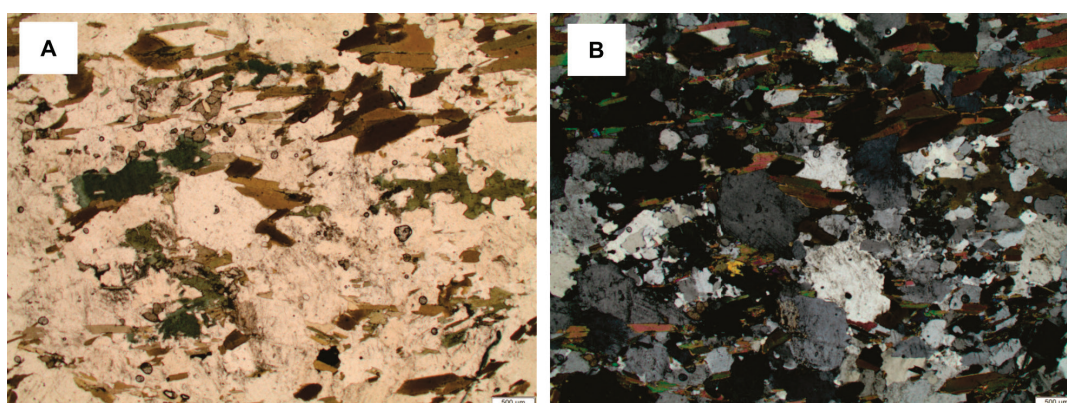


Figura 4.16 - Fotomicrografias de rochas do Complexo Belém do São Francisco. Biotita anfibólio ortognaisse monzogranítico. Observa-se textura holocristalina, fanerítica, estrutura suavemente foliada com foliação metamórfica de baixo grau, bandada. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo de 25%. A – Nicóis paralelos; B – Nicóis cruzados. (Afloramento KC 086). Fonte: Maria Angélica Fonseca Sampaio, 2019.

Tabela 4.8 - Mineralogia simplificada e classificação das amostras de rocha coletadas na RMM e adjacências.

PONTO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	LITOLOGIA POTENCIAL	MINERALOGIA
KC 042	KC-R-042A	Granito	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Titanita
	KC-R-042B	Granito	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfibolio + Titanita
KC 043	KC-R-043B	Granito	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Titanita + Clorita
KC 048	KC-R-048	Granito	Suíte Intrusiva	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Titanita
KC 085	KC-R-085A	Granito	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Titanita
	KC-R-085B	Granodiorito (enclave)	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfibolio + Titanita
KC 086	KC-R-086B	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfibolio + Titanita
	KC-R-086E	Granodiorito (enclave)	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfibolio + Titanita + Carbonato
KC 087	KC-R-087A	Granito	Granitoides Indiscriminados	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfibolio + Titanita

Tabela 4.8- Mineralogia simplificada e classificação das amostras de rocha coletadas na RMM e adjacências. (continuação)

PONTO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	LITOLOGIA POTENCIAL	MINERALOGIA
KC 113	KC-R-113	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfíbolio + Titanita
KC 114	KC-R-114A	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfíbolio + Titanita
	KC-R-114B	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Granada
KC 116	KC-R-116A	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Anfíbolio + Titanita
	KC-R-116B	Pegmatito	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Muscovita
KC 120	KC-R-120A	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Granada
	KC-R-120B	Gnaisse	Complexo Ortognaissico	Plagioclásio + Quartzo + Microclina + Biotita + Titanita

expansão do concreto, podendo ocorrer quando a rocha carbonática, em geral um dolomito, possui argila intersticial. Nestes casos, os álcalis atuam como catalisadores de um processo de desdolomitização, liberando as partículas de argila que podem se expandir por hidratação.

O cimento é a principal fonte de álcalis, que pode provir da matéria-prima utilizada na sua confecção ou de fontes externas, como águas salinizadas ou o próprio combustível utilizado na preparação do clínquer (LIMA; SILVA; COSTA, 2009).

A descrição das lâminas petrográficas para análise da potencialidade reativa dos agregados na presença de álcalis do concreto foi executada com base na norma ABNT NBR 15577-3 (2018). A caracterização é feita a partir do levantamento semiquantitativo da mineralogia e microtextura da rocha, analisando mineralogia (material reativo), textura, granulação, estado de alteração, deformação em grãos de quartzo (extinção ondulante e porcentagem de microgranular), textura em feldspatos (pertita e mirmequita) e microfissuras.

Os agregados foram classificados, de forma semiquantitativa, em potencialmente inócuo ou potencialmente reativo, tendo como base na classificação o limite máximo para um agregado ser avaliado como potencialmente inócuo: 5% de quartzo deformado, 3% de calcedônia, 1% de tridimita ou cristobalita, 3% de vidro vulcânico e 0,5% de opala.

A Tabela 4.9 apresenta os resultados das análises petrográficas das amostras de rocha coletadas nas unidades geológicas potenciais para a produção de brita na RMM e adjacências.

4.3.3. Argilas para cerâmica

Os depósitos de argilas, localizados na Região Metropolitana de Maceió e adjacências ocorrem associados a domínios geológicos distintos, tendo como

tipologia argilas aluvionares, residuais e formacionais/sedimentares.

Foram cadastrados um total de 33 pontos de argilas associados às tipologias (Tabela 4.10) (Figura 4.17).

Na RMM e adjacências, a argila vermelha é utilizada na fabricação de tijolos de seis e oito furos; na confecção de telhas plana e romana; e na confecção de blocos estruturais. A fabricação dos produtos ocorre no município de Atalaia e em municípios circunvizinhos da RMM.

4.3.3.1. Argila aluvionar

De idade quaternária, são habitualmente chamadas de argilas de várzea, principalmente as associadas a planícies aluviais. Geralmente, são produtos de erosão de terrenos mais altos submetidos a transporte por água e depositados em ambientes de menor energia. Nos ambientes deposicionais, as argilas associam-se aos demais sedimentos que estão sendo transportados, dando origem, em geral, a massas argilosas com quantidade variada de silte e areia. Nos ambientes mais estacionários, é comum o acúmulo de matéria orgânica vegetal nas concentrações de argila, podendo acentuar a coloração cinza do depósito. Essa matéria orgânica vegetal decomposta é determinante para certas propriedades da argila, tais como a plasticidade.

Os principais depósitos de natureza aluvionar associam-se às várzeas dos rios São Miguel, Sumaúma-Mirim, Satuba, Mundaú e Prataji. Localizam-se, principalmente, nos municípios de São Miguel dos Campos, Pilar, Rio Largo e Murici. Os depósitos são compostos por argilas de coloração marrom-amarelado (Figura 4.18), com variações cinza-claro a creme, em geral, siltosas. Atualmente, os depósitos dessa tipologia não são explorados na região, e, em sua maioria, encontram-se associados aos sedimentos da Área Potencial IV (Anexo II).

Tabela 4.9 - Descrição sucinta dos parâmetros de reação álcali-agregado e correlação à unidade geológica.

AMOSTRA	UNIDADE	DESCRIÇÃO / PARÂMETROS	REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO
KC-R-048	Suíte Intrusiva Itaporanga	1. presença acima de 15% de quartzo deformado evidenciado, principalmente, por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrão de extinção do tipo lamelar; 2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15 mm; 3. desenvolvimento da textura mirmequítica, sendo esta uma feição proveniente da atuação de processos deformacionais.	Potencialmente Reativo
KC-R-085A	Granitoides Indiscriminados	1. presença acima de 15% de quartzo deformado evidenciado, principalmente, por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrão lamelar; 2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15 mm; e 3. ocorrência da textura mirmequítica, que corresponde a uma textura simplectítica, de natureza subsolidus e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares.	
KC-R-085B		1. presença acima de 10% de quartzo deformado, evidenciado, principalmente, por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento dos padrões de extinção lamelar e tabuleiro de xadrez; e 2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15 mm.	
KC-R-086B	Complexo Belém do São Francisco	1. ocorrência acima de 15% de quartzo deformado, evidenciado, principalmente, por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento dos padrões de extinção lamelar e tabuleiro de xadrez; 2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15 mm, onde verifica-se extinção dos tipos normal a ondulante; 3. formação da textura mirmequítica, que corresponde a uma textura simplectítica, de natureza subsolidus e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares; e 4. grau de microfissuração moderado, comumente observado em grãos de hornblenda.	
KC-R-086-E			
KC-R-087A	Granitoides Indiscriminados	1. presença acima de 15% de quartzo deformado, evidenciado, principalmente, por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrão de extinção lamelar; 2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm; 3. ocorrência da textura mirmequítica, que corresponde a uma textura simplectítica, de natureza subsolidus e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares.	

Tabela 4.10 - Pontos de argilas cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito.

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 001	25L	202960	8934149	Maceió	Por trás do Gbarbosa - Bairro Cruz das Almas	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº844.083/2013
2	KC 002	25L	186109	8924267	Marechal Deodoro	Riacho Velho, próximo à Lagoa Manguaba	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.046/2011
3	KC 007	25L	180540	8921671	Marechal Deodoro	Próximo à estrada para a Usina Sumaúma	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.003/2019
4	KC 008	25L	178663	8923913	Marechal Deodoro	Próximo à Usina Sumaúma	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
5	KC 021	25L	178717	8911714	Barra de São Miguel	Loteamento Marcelo dos Anjos	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.020/2017
6	KC 022	24L	822977	8915866	São Miguel dos Campos	Localidade São Sebastião Ferreira	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.122/2014
7	KC 024	24L	816679	8919829	São Miguel dos Campos	Área dentro do Canavial	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº844.178/2012
8	KC 025	24L	813914	8921405	São Miguel dos Campos	Área dentro do Canavial	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.202/2001
9	KC 034	24L	823105	8914505	São Miguel dos Campos	Localidade São Sebastião Ferreira	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
11	KC 044	25L	182301	8955058	Rio Largo	Dentro do canavial - zona rural de Rio Largo	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
12	KC 047	24L	808107	8951244	Atalaia	Cerâmica do Agreste	Unidade Produtiva (Cerâmica)	Argila	Mina ativa	Sem processo
13	KC 053	24L	818486	8940271	Atalaia	Localidade de Porangaba	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
14	KC 058	25L	174889	8936761	Pilar	Próximo à Praça Padre Cícero	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
15	KC 069	24L	827324	8932946	Pilar	AL - 215	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.036/2014
16	KC 076	24L	827011	8931095	Marechal Deodoro	BR 101 - Próximo ao trevo da AL-215	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.034/2014

Tabela 4.10- Pontos de argilas cadastradas no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
17	KC 077	24L	825962	89333323	Pilar	BR 101 - Próximo ao trevo da AL-215	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.035/2014
18	KC 078	25L	171457	8938753	Pilar	BR 101 - Próximo à Usina Terra Nova	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.033/2014
19	KC 081	25L	184156	8942415	Rio Largo	Estrada Utinga	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.153/2013
20	KC 082	25L	183524	8942813	Rio Largo	Estrada Utinga	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Sem processo
21	KC 093	25L	182477	8959214	Rio Largo	Zona rural de Rio Largo	Residual	Argila	Ocorrência	Sem processo
22	KC 095	24L	821717	8933981	Pilar	Localidade de São Domingos	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
23	KC 096	24L	819091	8959215	Capela	Cerâmica Bandeira	Unidade Produtiva (Cerâmica)	Argila	Unidade Produtiva	Sem processo
24	KC 098	25L	177315	8949214	Rio Largo	Localidade de Urubá	Residual	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.095/2014
25	KC 099	25L	194827	8954522	Rio Largo	Próximo a Piscina da canoas	Residual	Argila	Ocorrência	Sem processo
26	KC 100	25L	194147	8956209	Rio Largo	Barragem Fazenda Canoas	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.209/20120
27	KC 101	25L	183948	8958438	Murici	Zona rural de Murici	Formacional / Sedimentar	Argila	Ocorrência	Sem processo
28	KC 105	25L	184537	8962902	Murici	Zona rural de Murici	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Sem processo
29	KC 106	25L	189375	8964538	Messias	Próximo ao trevo de Murici	Residual	Argila	Ocorrência	Sem processo
30	KC 107	25L	188818	8966164	Messias	Próximo ao trevo de Murici	Residual	Argila	Ocorrência	Sem processo
31	KC 117	25L	172112	8968973	Murici	Zona rural de Murici	Aluvionar	Argila	Ocorrência	Sem processo
32	KC 135	25L	221071	8956621	Paripueira	Localidade de Santa Luzia	Formacional / Sedimentar	Argila	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.169/2013
33	KC 136	25L	198950	8944915	Maceió	Chácara Cherry	Formacional / Sedimentar	Argila	Mina ativa	Processo ANM Nº 844.067/2017

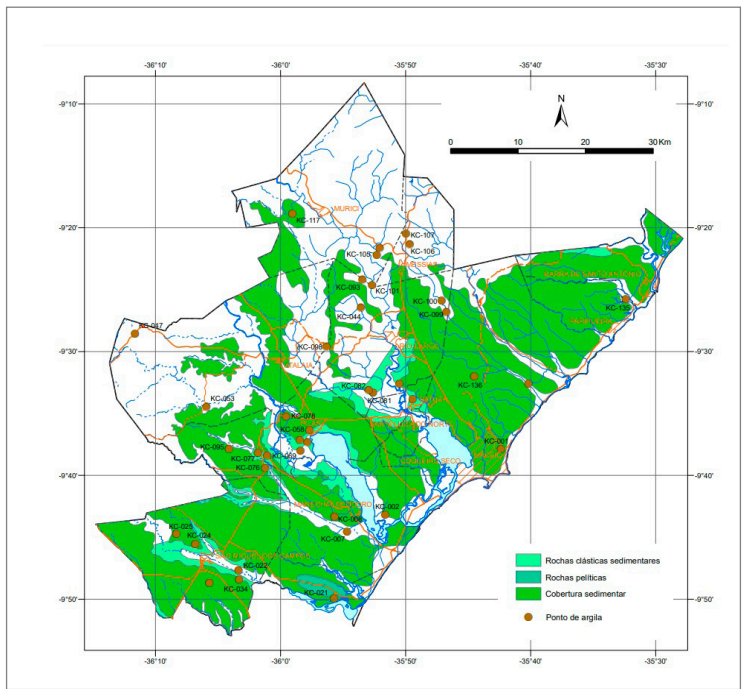


Figura 4.17 - Localização dos pontos cadastrados para argila. Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.



Figura 4.18 - Depósito de argila aluvionar das várzeas do Rio Mundaú. Grupo Barreiras – Murici/AL (Afloramento KC 105). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.3.2. Argila residual

As argilas residuais são geradas através da ação do intemperismo sobre rochas *in situ* ou por percolação de soluções ascendentes ou descendentes de origem magmática ou meteórica. Os principais fatores que regem os processos de formação por intemperismo são o tipo de rocha, clima, variação anual de temperatura, chuvas, topografia, vegetação e tempo geológico (PRESS *et al.*, 2006). Fatores que aumentam a probabilidade de maior potencial para desenvolvimento de depósitos de argila residual são: intemperismo químico intenso; pouco

transporte; elevada lixiviação de constituintes para dentro do solo; regiões úmidas, quentes e com relevo suave; e vegetação desenvolvida. A morfologia e extensão destes depósitos dependem, principalmente, do tipo da rocha-mãe, clima e topografia. Argilas desse tipo são normalmente classificadas em caulins, de cor branca ou argilas residuais de cor vermelha, após queima.

Esses depósitos são pouco comuns na RMM e adjacências (Figura 4.19), não havendo exploração dos mesmos. Os poucos pontos encontram-se dispersos pela Área Potencial XI e Área Potencial IX (Anexo II), sem muita expressividade.



Figura 4.19 - Argila residual proveniente da alteração de rochas graníticas. Granitoides Indiscriminados – Rio Largo/AL (Afloramento KC 093). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

4.3.3.3. Argila sedimentar/formacional

As argilas sedimentares, também nomeadas de formacionais, são relacionadas às formações geológicas mais antigas, com idade entre 2 milhões a 540 milhões de anos. Os pacotes argilosos formacionais são compostos, predominantemente, por argilominerais 2:1 (TOT), principalmente a illita, conferindo propriedades fundentes ao material. Apresentam, em geral, alto teor de ferro,



Figura 4.20 - Depósito de argila sedimentar – níveis de argilitos. Grupo Barreiras – Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 007). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

o que proporciona uma cor avermelhada e aumenta as propriedades fundentes ao material.

As principais ocorrências de argila de natureza sedimentar estão associadas a sedimentos paleógenos, ocorrendo, por vezes bolsões de argilitos, puros a arenosos, entre os arenitos argilosos do Grupo Barreiras (Figura 4.20), dispersos, em sua grande maioria, na Área Potencial

VI (Anexo II). As frentes de extração ativas ocorrem nos municípios de Maceió e Paripueira. Os demais pontos são ocorrências dispersas por toda área do projeto.

4.3.3.4. Caracterizações tecnológicas e química das argilas

A caracterização do material argiloso da RMM e adjacências foi realizada a partir de análises em dezesseis amostras representativas dos principais tipos de depósitos exploráveis na região. Alguns dos depósitos apresentavam ocorrências mistas de material, tendo saibro como subproduto da argila e vice-versa.

Foram efetuados quatro tipos de procedimentos nas amostras selecionadas: caracterização química das argilas; análises microscópicas; análises térmicas; e ensaios tecnológicos. As Tabelas 4.11 e 4.12 trazem uma descrição sucinta dos dados, apresentando os mesmos descritos por completo no Anexo V.

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas, as amostras foram quarteadas e secas em estufa por 12 horas, em temperatura de 110°C, para remoção de umidade. Em seguida, foram moídas até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de fluorescência de raios X. Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 horas em temperatura de 110°C, em seguida, foi aquecido até 1000°C por 60 minutos. Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de difração de raios X (DRX).

Os procedimentos utilizados nos ensaios tecnológicos foram realizados na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria foram utilizadas cinco peneiras, de 8# (2360 m), 28# (600m), 80# (180m), 270# (53m) e 450# (32m). A determinação do índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de limites de liquidez e de plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180.

- Para produção dos corpos de prova, as amostras de argila foram desaglomeradas, até a granulometria inferior a 80#, e homogeneizadas com adição de 10% de água, e, em seguida, prensadas manualmente em matriz retangular, com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos de prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação, que, em seguida, foram secos por 24h em estufa a 110°C. Todos os corpos de prova secos foram medidos no comprimento, utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm, e sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento aconteceu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

Tabela 4.11 - Resultados dos ensaios tecnológicos das argilas da RMM e adjacências.

AMOSTRA	NÚMERO DE LABORATÓRIO	TEMPERATURA DE QUEIMA (°C)	COR	RETRAÇÃO LINEAR (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (G/CM³)	TRF (MPa)	IP (%)	CARACTERÍSTICA (IP)
KC 001	FFV 072	850	vermelha-acinzentada	0,31 ± 0,07	17,14 ± 0,23	31,68 ± 0,32	1,85 ± 0,01	1,15 ± 0,24	30,52	Altamente Plástica
		900	vermelha	0,31 ± 0,02	17,43 ± 0,23	32,26 ± 0,31	1,85 ± 0,01	1,67 ± 0,18		
		950	vermelha	0,44 ± 0,04	18,08 ± 0,32	33,38 ± 0,38	1,85 ± 0,01	1,87 ± 0,14		
KC 015	FFV 073	850	rosa-escura	0,25 ± 0,08	12,28 ± 0,16	24,13 ± 0,26	1,96 ± 0,01	0,81 ± 0,13	3,36	Fracamente Plástica
		900	rosa	0,30 ± 0,05	12,31 ± 0,20	24,10 ± 0,38	1,96 ± 0,01	0,89 ± 0,20		
		950	rosa-escura	0,29 ± 0,04	13,41 ± 0,58	26,24 ± 0,81	1,96 ± 0,03	1,00 ± 0,18		
KC 026	FFV 074	850	bege	0,56 ± 0,07	17,85 ± 0,28	32,15 ± 0,34	1,80 ± 0,01	2,92 ± 0,29	3,79	Fracamente Plástica
		900	bege-clara	0,80 ± 0,09	17,60 ± 0,18	31,93 ± 0,24	1,81 ± 0,01	3,56 ± 0,26		
		950	bege	1,13 ± 0,06	17,88 ± 0,23	32,74 ± 0,27	1,83 ± 0,01	3,67 ± 0,32		
KC 040	FFV 075	850	vermelha	0,05 ± 0,02	15,01 ± 0,29	28,53 ± 0,35	1,90 ± 0,01	1,34 ± 0,20	19,26	Altamente Plástica
		900	vermelha	0,02 ± 0,01	14,92 ± 0,19	28,44 ± 0,24	1,91 ± 0,01	1,50 ± 0,13		
		950	vermelha	0,06 ± 0,03	15,95 ± 0,27	30,61 ± 0,58	1,92 ± 0,05	1,80 ± 0,34		
KC 044	FFV 076	850	coral	0,13 ± 0,05	15,59 ± 0,09	29,39 ± 0,12	1,89 ± 0,07	1,40 ± 0,72	21,02	Altamente Plástica
		900	coral	0,15 ± 0,05	15,53 ± 0,30	29,31 ± 0,39	1,89 ± 0,01	1,85 ± 0,27		
		950	coral	0,25 ± 0,04	16,05 ± 0,11	30,42 ± 0,16	1,90 ± 0,00	2,02 ± 0,35		
KC 053	FFV 077	850	coral	0,21 ± 0,05	17,29 ± 0,19	31,53 ± 0,24	1,82 ± 0,01	3,59 ± 0,15	8,01	Mediamente Plástica
		900	coral	0,49 ± 0,02	17,35 ± 0,27	31,78 ± 0,63	1,83 ± 0,03	4,46 ± 0,34		
		950	coral	0,64 ± 0,02	17,67 ± 0,31	32,53 ± 0,39	1,84 ± 0,01	4,78 ± 0,42		
KC 064	FFV 078	850	coral	0,40 ± 0,04	17,68 ± 0,13	32,06 ± 0,15	1,81 ± 0,00	1,71 ± 0,17	14,25	Mediamente Plástica
		900	coral	0,51 ± 0,02	18,13 ± 0,24	32,83 ± 0,28	1,81 ± 0,01	2,02 ± 0,20		
		950	coral	0,55 ± 0,04	18,47 ± 0,30	33,54 ± 0,36	1,82 ± 0,01	2,23 ± 0,18		

Tabela 4.11 - Resultados dos ensaios tecnológicos das argilas da RMM e adjacências. (continuação)

AMOSTRA	NÚMERO DE LABORATÓRIO	TEMPERATURA DE QUEIMA (°C)	COR	RETRAÇÃO LINEAR (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (G/CM³)	TRF (MPa)	IP (%)	CARACTERÍSTICA (IP)
KC 076	FFV 079	850	laranja	0,78 ± 0,02	19,39 ± 0,21	34,01 ± 0,24	1,75 ± 0,01	1,71 ± 0,21	11,13	Mediamente Plástica
		900	laranja	0,94 ± 0,02	19,64 ± 0,13	34,47 ± 0,17	1,76 ± 0,00	2,04 ± 0,12		
		950	bege-claro	1,20 ± 0,02	19,98 ± 0,17	35,36 ± 0,17	1,77 ± 0,01	2,07 ± 0,22		
KC 078	FFV 080	850	laranja	0,56 ± 0,05	18,40 ± 0,71	32,94 ± 0,99	1,79 ± 0,02	1,49 ± 0,27	13,24	Mediamente Plástica
		900	laranja	0,75 ± 0,06	19,08 ± 0,75	34,13 ± 1,01	1,79 ± 0,02	2,05 ± 0,20		
		950	laranja	0,55 ± 0,04	19,13 ± 0,19	34,44 ± 0,23	1,80 ± 0,01	2,16 ± 0,16		
KC 096A	FFV 081	850	vermelha	0,42 ± 0,03	13,85 ± 0,38	26,81 ± 0,64	1,94 ± 0,01	7,28 ± 0,38	11,50	Mediamente Plástica
		900	vermelha-escura	0,71 ± 0,02	13,96 ± 0,12	27,31 ± 0,20	1,94 ± 0,01	7,90 ± 0,80		
		950	marrom-claro	0,90 ± 0,06	13,82 ± 0,38	26,89 ± 0,63	1,96 ± 0,04	7,62 ± 0,43		
KC 096B	FFV 082	850	marrom-claro	1,46 ± 0,23	13,85 ± 0,38	26,81 ± 0,54	1,94 ± 0,01	3,59 ± 0,19	14,42	Mediamente Plástica
		900	marrom-claro	0,71 ± 0,02	13,96 ± 0,12	27,10 ± 0,23	1,94 ± 0,01	4,59 ± 0,35		
		950	marrom-claro	0,90 ± 0,06	13,95 ± 0,11	27,12 ± 0,16	1,96 ± 0,04	4,20 ± 0,58		
KC 097	FFV 083	850	rosa	0,18 ± 0,01	16,45 ± 0,31	31,74 ± 0,79	1,84 ± 0,05	2,06 ± 0,44	12,3	Mediamente Plástica
		900	rosa-claro	0,37 ± 0,01	17,75 ± 0,32	32,31 ± 0,43	1,82 ± 0,01	3,08 ± 0,14		
		950	rosa	0,58 ± 0,00	17,91 ± 0,23	32,80 ± 0,28	1,83 ± 0,01	2,91 ± 0,22		
KC 100	FFV 084	850	rosa	0,41 ± 0,01	17,97 ± 0,19	33,19 ± 0,23	1,83 ± 0,01	1,46 ± 0,19	7,81	Mediamente Plástica
		900	rosa	0,50 ± 0,04	18,13 ± 0,21	32,68 ± 0,25	1,84 ± 0,01	1,83 ± 0,04		
		950	rosa	0,98 ± 0,02	18,39 ± 0,19	34,10 ± 0,23	1,85 ± 0,01	1,95 ± 0,13		

Tabela 4.11 - Resultados dos ensaios tecnológicos das argilas da RMM e adjacências. (continuação)

AMOSTRA	NÚMERO DE LABORATÓRIO	TEMPERATURA DE QUEIMA (°C)	COR	RETRAÇÃO LINEAR (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (G/CM ³)	TRF (MPA)	IP (%)	CARACTERÍSTICA (IP)
KC 128	FFV 085	850	vermelha	0,11 ± 0,11	17,99 ± 0,33	32,87 ± 0,39	1,83 ± 0,01	1,17 ± 0,13	15,97	Altamente Plástica
		900	vermelha	0,20 ± 0,04	18,17 ± 0,21	33,32 ± 0,23	1,83 ± 0,01	1,40 ± 0,13		
		950	vermelha	0,27 ± 0,02	18,77 ± 0,40	34,25 ± 0,47	1,83 ± 0,01	1,45 ± 0,12		
KC 130	FFV 086	850	bege	0,02 ± 0,02	16,05 ± 0,40	29,97 ± 0,52	1,87 ± 0,01	1,40 ± 0,12	16,86	Altamente Plástica
		900	bege-clara	0,00 ± 0,02	16,12 ± 0,15	30,13 ± 0,19	1,87 ± 0,01	1,47 ± 0,17		
		950	bege	0,08 ± 0,01	16,73 ± 0,20	31,24 ± 0,25	1,87 ± 0,01	1,73 ± 0,13		
KC 134	FFV 087	850	vermelha	0,41 ± 0,02	18,21 ± 0,14	33,57 ± 0,17	1,84 ± 0,01	1,29 ± 0,18	15,74	Altamente Plástica

Tabela 4.12 - Resultado da caracterização química das argilas da RMM e adjacências.

AMOSTRA	NÚMERO DE LABORATÓRIO	ELEMENTOS (%)														PF				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	ZrO ₂	SO ₃	MnO	NiO	CUO	MGO	CAO	SRO	NBO		ZNO			
KC001	FFV 072	48,28	33,11	9,06	1,59	0,22	0,12	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,49
KC015	FFV 073	73,79	20,24	2,14	0,55	0,50	0,07	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52
KC026	FFV 074	55,99	32,30	2,73	1,35	0,51	0,04	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,87
KC040	FFV 075	63,01	26,27	3,97	1,09	0,38	0,08	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,58
KC044	FFV 076	53,21	28,43	10,66	1,05	0,00	0,11	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,41
KC053	FFV 077	51,51	32,64	5,35	0,76	2,00	0,04	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,53
KC064	FFV 078	57,78	30,32	4,15	1,23	0,00	0,07	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,33
KC076	FFV 079	51,98	34,58	3,50	1,34	0,17	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,24
KC078	FFV 080	51,25	34,18	4,97	1,12	0,24	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,03
KC096A	FFV 081	52,24	28,87	6,29	1,24	3,19	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,27
KC096B	FFV 082	47,49	32,06	7,44	1,40	2,32	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,53
KC097	FFV 083	51,58	32,29	4,73	0,81	1,96	0,06	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,53
KC 100	FFV 084	44,69	34,48	10,78	1,22	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,06
KC 128	FFV 085	56,46	28,64	6,97	1,20	0,00	0,08	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52
KC 130	FFV 086	64,02	26,55	2,89	0,93	0,00	0,08	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,34
KC 134	FFV 087	48,94	29,97	11,58	1,39	0,19	0,12	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,64

Após sinterizados, os corpos de prova foram avaliados em diversas propriedades, como: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados pelo Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER), com sede em Natal/RN.

A resistência mecânica é uma das propriedades das argilas, que tem grande interesse para o ceramista, pois possibilita o processamento das peças cerâmicas sem que se quebrem. Trata-se de um dos ensaios mais rotineiros, que é a resistência mecânica a cru e após a queima dos corpos de prova (SENAI, 2006).

As amostras ensaiadas se retraíram à medida que a temperatura aumentou até 950°C. O aspecto é atribuído ao fechamento da porosidade, que possibilita a densificação das peças acompanhada de retração. Um segundo aspecto a ser apreciado no comportamento de retração linear (RL) das amostras é considerar se não sofreram retração muito significativa que possibilitasse deformidades nos corpos de prova. Para a RL após a queima, Dondi (2006) afirma que a variação ótima é menor do que 1,5% e a variação aceitável está entre 1,5 e 3%. Como todos os valores encontram-se com variação inferior a 1,5%, pode-se afirmar que estão dentro do limite recomendável.

Os índices de absorção d'água variam no intervalo de 12,28% e 19,98%. Quanto menor for a quantidade de água absorvida, maior será a resistência do recobrimento à flexão, ao risco e à abrasão. Todos os resultados encontrados para absorção d'água (AA) estão de acordo com as normas vigentes regulamentadas pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005), que indica que o índice de absorção d'água deve ser inferior a 20%. Para porosidade aparente, foram obtidos valores entre 24,10% e 35,36%, também dentro dos limites esperados, acima do limite mínimo de 19%.

Em relação à massa específica aparente, os valores estão no intervalo entre: 1,75 g/cm³ e 1,96 g/cm³.

A perda ao fogo é a diminuição do peso até um valor constante, que indica uma perda de material devido ao aumento de temperatura. Basicamente, indica o teor de matéria orgânica presente na argila e a quantidade de gás e vapor que são formados durante o aquecimento, resultante da decomposição dos carbonatos. A faixa ideal da perda ao fogo é de 6% a 16% (SENAI, 2006). Apenas as amostras KC 015, KC 040 e KC 130 ficaram fora deste intervalo, sendo pontos locais de ocorrência mista de argila e saibro.

Na classificação de uma argila, a cor é uma característica forte para determinação do seu uso. Trata-se de medida visual feita antes e depois da queima, de acordo com uma temperatura específica. Após a queima, as peças brancas apresentaram maior valor do que as vermelhas por ter finalidade mais "nobre". No caso das argilas da RMM e adjacências, as cores obtidas após a queima, na temperatura de 950°C, foram: rosa, laranja, vermelha, bege, coral e marrom, todas aplicáveis à cerâmica vermelha.

De maneira geral, os valores dos ensaios são compatíveis aos valores determinados para uso como cerâmica vermelha (confeção de tijolos e telhas), dependendo do amoldamento dos aspectos cerâmicos através de misturas e do processamento térmico para serem obtidas as características finais ideais do produto.

As poucas olarias que atuam na região estão localizadas no município de Atalaia e em Capela (município limítrofe com Atalaia). As argilas utilizadas para a confecção dos produtos cerâmicos são provenientes dos sedimentos da Área Potencial VI (Anexo II).

4.3.4. Saibro

Os depósitos de saibro ocorrem, majoritariamente, associados a Área Potencial VI (Anexo II), que corresponde geologicamente aos sedimentos do Grupo Barreiras.

Foram cadastrados um total de 33 pontos de saibro (Tabela 4.13) (Figura 4.21).

As frentes de extração de saibro, que é o material de empréstimo mais utilizado na RMM e adjacências, são de origem formacional, associadas aos sedimentos do Grupo Barreiras. Essa unidade estratigráfica compreende uma sequência litológica bastante heterogênea, constituída por sedimentos arenoargilosos e síltico-argilosos, intemperizados, contendo níveis conglomeráticos, de coloração avermelhada com porções roxa e marrom-amarelada (Figura 4.22). São constituídos por material sem coesão, formados principalmente por argilominerais e quartzo. Os depósitos podem abranger extensas áreas e, geralmente, são explotados próximos a encostas de morros, devido à facilidade de extração.

As especificações para esse material não são rígidas, principalmente para utilizações menos nobres, como em aterros. Em geral, os parâmetros usados para utilizações específicas levam em consideração a forma, a textura e o grau de angulosidade dos grãos, além da composição de argilominerais, sais solúveis e matéria orgânica. Normalmente, o material mais argiloso é usado em revestimentos, enquanto que o mais arenoso é mais utilizado em pisos. No geral, o percentual de argila no saibro não deve ultrapassar 30% e o de areia deve ser no mínimo 20% (RÊGO, 2008).

4.3.5. Cascalho

As ocorrências de cascalhos exploráveis não são expressivas na RMM e adjacências. Apresentam duas tipologias, os depósitos de cascalho do tipo residual (Tabela 4.14), que ocorrem associados ao manto de alteração de rochas (Figura 4.23), e os depósitos de cascalhos sedimentares, associados aos sedimentos do Grupo Barreiras (Figura 4.24) ou aos sedimentos aluvionares, sendo ele um insumo secundário dos pontos de ocorrência de argilas e saibro.

Tabela 4.13 - Pontos de saibro cadastrados no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito.

NÚMERO DE OCORRÊNCIA	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 003	25L	192016	8930212	Coqueiro Seco	Estrada Alternativa para Coqueiro Seco (estrada da Petrobrás)	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
2	KC 009	25L	178764	8924051	Marechal Deodoro	Próximo a Usina Sumaúna	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
3	KC 010	25L	183044	8919460	Marechal Deodoro	Próximo ao Loteamento El Dourado	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.023/2011
4	KC 012	25L	183059	8919012	Marechal Deodoro	Próximo ao Loteamento El Dourado	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.005/2011
5	KC 015	25L	184146	8916817	Marechal Deodoro	Sítio dos Accioly	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.005/2009
6	KC 019	25L	184139	8918676	Marechal Deodoro	Próximo ao Poço Ponto Duas Malhadas/Igrejinha	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.002/2015
7	KC 023	24L	####	8918643	São Miguel dos Campos	BR 101 - Próximo a Subestação Eletrobrás São Miguel dos Campos	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.122/2014
8	KC 026	24L	818034	8918445	São Miguel dos Campos	Próximo a Localidade Vila dos Engenheiros	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.087/2011
9	KC 030	24L	816766	8917097	São Miguel dos Campos	Próximo ao loteamento Geraldo Sampaio	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.057/2010
10	KC 031	24L	813611	8904881	Jequiá da Praia	Localidade Ginimbu	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.161/2011
11	KC 032	24L	812983	8904985	Jequiá da Praia	Localidade Ginimbu	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.161/2011
12	KC 033	24L	813045	8906915	Jequiá da Praia	Localidade Ginimbu	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.172/2011

Tabela 4.13 -Pontos de saibro cadastrados no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIA	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
13	KC 035	24L	####	8914541	São Miguel dos Campos	Localidade São Sebastião Ferreira	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
14	KC 036	24L	####	8925247	São Miguel dos Campos	Zona rural de São Miguel dos Campos	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
15	KC 037	25L	173418	8919152	Marechal Deodoro	Zona rural de Marechal Deodoro	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
16	KC 038	25L	183346	8914187	Barra de São Miguel	Próximo a localidade Piaçavas	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
17	KC 039	25L	189877	8930759	Marechal Deodoro	Atrás do Polo Industrial de Marechal Deodoro	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
18	KC 040	25L	195610	8947850	Maceió	Próximo ao Aeroporto	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.091/2015
19	KC 041	25L	196425	8947376	Maceió	Próximo ao Aeroporto	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.091/2015
20	KC 046	24L	810373	8953836	Cajueiro	Localidade de Primavera	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.085/2010
21	KC 057	25L	176617	8937441	Pilar	Próximo ao Rancho dos Araçás	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
22	KC 062	24L	826187	8949266	Atalaia	Riacho Breião	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.006/2011
23	KC 064	25L	184551	8939036	Satuba	Rod. Cap. Pedro Teixeira	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.106/2014
24	KC 097	24L	819668	8957690	Capela	Próximo a cerâmica Bandeira	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.135/2013
25	KC 121	25L	184153	8916208	Marechal Deodoro	Sítio dos Accioly	Formacional /Sedimentar	Saibro	Garimpo Inativo	Processo ANM Nº 844.002/2015

Tabela 4.13 -Pontos de saibro cadastrados no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito. (continuação)

NÚMERO DE OCORRÊNCIA	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
26	KC 122	25L	183651	8914711	Barra de São Miguel	Próximo a localidade de Piaçavas	Formacional /Sedimentar	Saibro	Garimpo inativo	Sem processo
27	KC 123	25L	207127	8939952	Maceió	Garça Torta	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
28	KC 128	25L	219731	8953893	Paripueira	Zona rural de Paripueira	Formacional /Sedimentar	Saibro	Mina inativa	Sem processo
29	KC 129	25L	218591	8952173	Paripueira	Próximo à AL 101	Formacional /Sedimentar	Saibro	Mina inativa	Processo ANM Nº 844.121/2011
30	KC 130	25L	####	8951607	Maceió	Zona rural de Maceió	Formacional /Sedimentar	Saibro	Mina inativa	Sem processo
31	KC 131	25L	199802	8952233	Maceió	Zona rural de Maceió	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.137/2014
32	KC 133	25L	####	8961707	Barra de Santo Antônio	Rod AL 105	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Sem processo
33	KC 134	25L	218243	8961442	Barra de Santo Antônio	Zona rural de Barra de Santo Antônio	Formacional /Sedimentar	Saibro	Ocorrência	Processo ANM Nº 844.041/2018

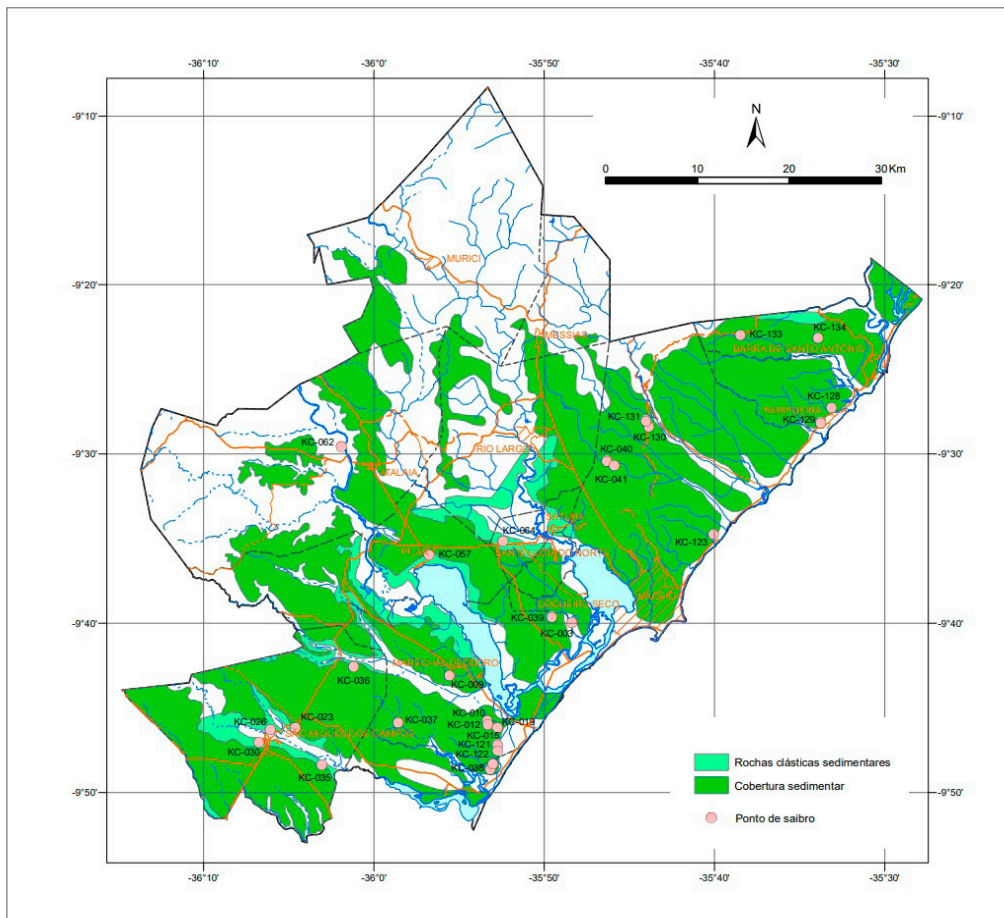


Figura 4.21 - Localização dos pontos cadastrados para saibro. Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.



Figura 4.22 - Extração de saibro empregado como material de empréstimo. Grupo Barreiras – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 030). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

Tabela 4.14 - Pontos de cascalho cadastrados no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito.

NÚMERO DE OCORRÊNCIA	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 029	24L	809968	8923220	São Miguel dos Campos	Zona rural de São Miguel dos Campos	Residual	Cascalho	Ocorrência	Processo ANM Nº844.037/2017



Figura 4.23 - Cascalho residual em manto de alteração de granitoides. Complexo Arapiraca – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 029). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 4.24 - Detalhe de cascalho sedimentar em níveis conglomerativos do Grupo Barreiras – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 030). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

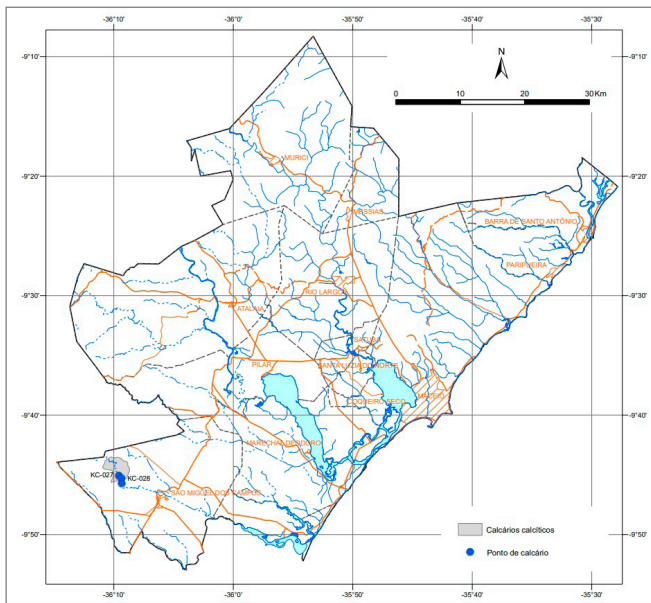


Figura 4.25 - Localização dos pontos cadastrados para calcário. Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.

Tabela 4.15 - Pontos de calcário cadastrados no projeto, com respectivos condicionamentos geológicos e tipologia de depósito.

NÚMERO DE OCORRÊNCIA	PONTO	COORDENADAS			MUNICÍPIO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA	SUBSTÂNCIA	STATUS	PROCESSO ANM
		ZONA	UTM X	UTM Y						
1	KC 027	24L	811643	8920728	São Miguel dos Campos	Próximo à estação de Furado	Sedimentar	Calcário	Mina inativa	Processo ANM Nº805.801/1969
2	KC 028	24L	812013	8920355	São Miguel dos Campos	Próximo à estação de Furado	Sedimentar	Calcário	Mina ativa	Processo ANM Nº805.801/1969

Os depósitos de cascalhos residuais não estão sendo explorados na região, e os cascalhos sedimentares, em geral, são retirados como subprodutos da extração de areia em leito ativo ou em terraços aluvionares e em extração de saibro ou argila em coberturas sedimentares.

4.3.6. Rochas calcárias

Os depósitos de calcários ocorrem associados à Formação Morro do Chaves.

Foram cadastrados dois pontos de calcários nas adjacências da região metropolitana (Figura 4.25) (Tabela 4.15).

4.3.6.1. Calcário

O potencial geológico para exploração de rochas calcárias está associado aos calcários coquinóides da Formação Morro do Chaves, na região do município de São Miguel dos Campos, e estão relacionados à Área Potencial X. Essas rochas apresentam coloração bege-clara (creme) a cinza-claro, de composição predominando calcita (CaCO_3), muito rica em fósseis (Figura 4.26).

A exploração dessas rochas na região destina-se exclusivamente à fabricação de cimento.

4.3.6.2. Caracterização petrográfica

Foram confeccionadas três lâminas delgadas dos calcários da região, todas pertencentes a amostras do ponto KC 027. Essas lâminas foram descritas com o intuito de realizar a caracterização mineralógica do material, seguindo a norma ABNT NBR 7389.

São rochas carbonáticas, de granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), muito ricas em fósseis (gastrópodes e bivalves), compostas mineralogicamente por calcita (45%), fósseis carbonáticos (45%) e silicatos (10%), apresentando estrutura isotrópica. Os cristais de calcita, que compõem a matriz da rocha, exibem-se cristalizados justapostos e circundando os fósseis e os silicatos. São carbonatos típicos, com retardo óptico elevado (quarta ordem). Os silicatos são granulares, irregulares, micro-métricos a submilimétricos (<1mm) e ocorrem dispersos aleatoriamente na matriz carbonática, sem orientação aparente. Os fósseis são, de modo geral, restos de conchas aragoníticas e calcíticas, residuais dos gastrópodes e bivalves (Figura 4.27 e Figura 4.28).



Figura 4.26 - Calcário coquinoide cinza-claro. Formação Morro do Chaves – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 027).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

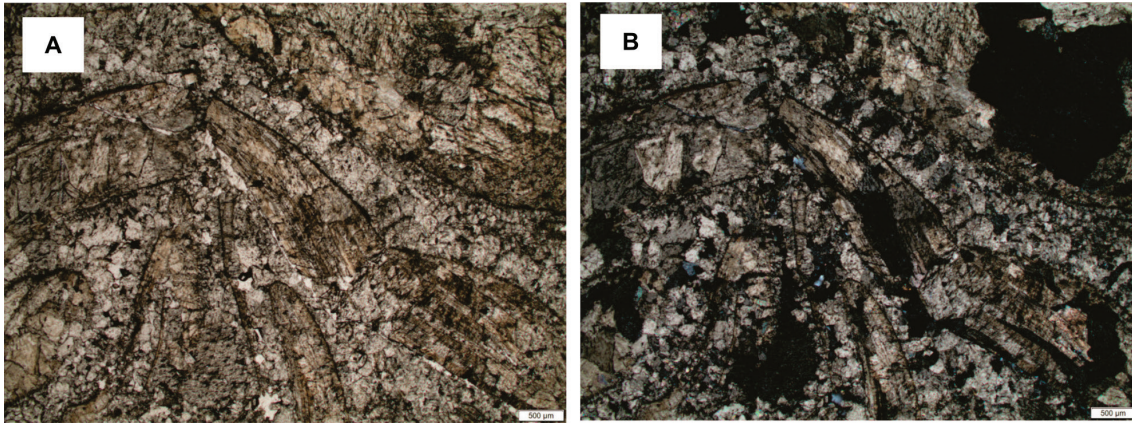


Figura 4.27 - Fotomicrografias de rochas da Formação Morro do Chaves. Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, mostrando fragmentos de moluscos aquáticos (coquinhas). A – Nicóis paralelos; B – Nicóis cruzados. (Afloramento KC 027).
Fonte: Maria Angélica Fonseca Sampaio, 2019.

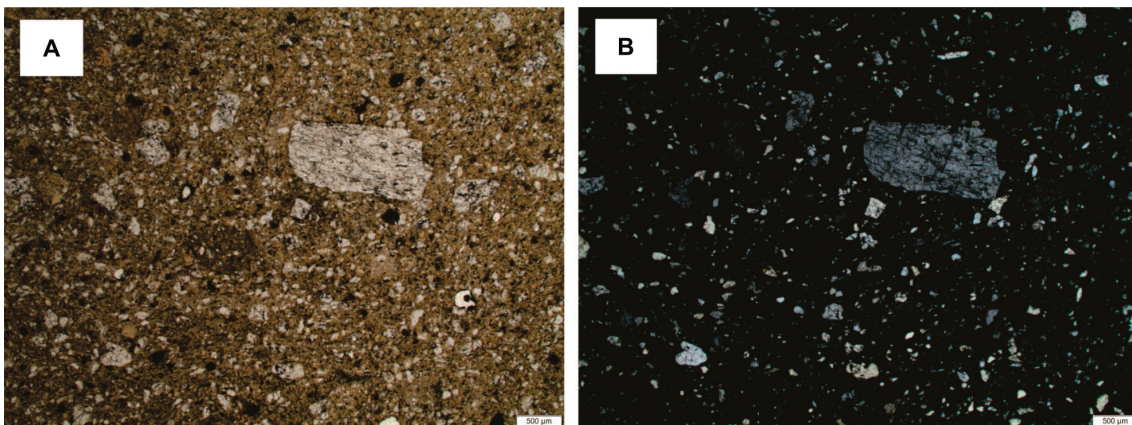


Figura 4.28 - Fotomicrografias de rochas da Formação Morro do Chaves. Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, mostrando fragmentos de moluscos aquáticos (coquinhas). A – Nicóis paralelos; B – Nicóis cruzados. (Afloramento KC 027).
Fonte: Maria Angélica Fonseca Sampaio, 2019.

5. LAVRA E BENFEICIAMENTO

A integralidade dos recursos minerais para emprego imediato na construção civil na Região Metropolitana de Maceió e adjacências é extraída através de diversos métodos de lavra, todas a céu aberto, as quais são descritas de forma sucinta neste informe. Sobressaem, entre os recursos minerais explotados, as rochas para britagem e para paralelo, areias, calcário para produção de cimento, as argilas para cerâmica vermelha, saibro e cascalho.

A escolha do método de lavra a ser aplicado na exploração de qualquer bem mineral depende de diversos elementos, tais como: condições geológicas do depósito, feições topográficas, além das condições ambientais e sociais do local a ser trabalhado.

Dentro dos parâmetros dos conceitos de produção limpa, a efetividade técnica e econômica dos trabalhos de exploração encontram-se também associada ao aproveitamento racional de recursos não renováveis e a redução de impactos ambientais. Fatores que são imprescindíveis no trabalho de planejamento dos serviços de exploração. Dentro da atual concepção de qualidade ambiental, o modelo de extração a ser adotado deve incluir a futura recuperação da área degradada e seu reaproveitamento social e ambiental, após o encerramento das operações de mineração, conforme as soluções técnicas exigidas pelos gestores da política ambiental vigente.

5.1. BRITA

A brita é amplamente utilizada na construção civil, com aplicações na fabricação de concreto, pavimentação de rodovias, lastros de ferrovias, revestimento de leito de estradas de terra, barramentos, enrocamentos, filtros e outras destinações.

Atualmente, existem seis pedreiras ativas na região metropolitana, sendo duas em Rio Largo, duas em Atalaia, uma em Murici e uma em Maceió. Em geral, executam uma metodologia de lavra e beneficiamento bem semelhantes, todas a céu aberto.

Os principais produtos desse agregado nas pedreiras da região são, em geral, são o pó de brita, areia de brita, britas 0 a 3 e rachãozinho. Existe a possibilidade de solicitar por encomenda brita 4, bica corrida e rachão.

5.1.1. Lavra

Na RMM e adjacências, as operações de lavra são executadas através do método de bancadas, geralmente

duas a quatro, capeadas por cobertura de solo de pequena espessura, seguida do regolito, passando para rocha sã (Figura 5.1). De modo geral a lavra é realizada em encostas, com utilização de explosivos, para desmontes de blocos rochosos. Esse método constitui a sistemática mais comum para desmontes, pela eficiência, simplicidade e economia, pois o plano de detonação aproveita as estruturas de fraturamento pré-existentes da rocha. Todas as pedreiras da RMM operam em lavra a céu aberto.



Figura 5.1 - Frente de lavra em bancadas escalonadas. Granitoides Indiscriminados – Rio Largo/AL (Afloramento KC 087).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

A lavra começa com o decapeamento através da retirada da camada de solo orgânico e cobertura de estéril. A retirada desse material ocorre conforme o avanço da lavra. São utilizados tratores de esteira, carregadeiras, escavadeiras e caminhões. O material estéril, proveniente do decapeamento, poderá ser utilizado na construção dos acessos, manutenção da praça de trabalho e recuperação da área degradada pela lavra.

Após a retirada do estéril, a execução do plano de fogo é iniciada para o desmonte primário, que ocorre com a perfuração e detonação por explosivos do maciço rochoso, seguido do desmonte secundário, que é executado através do fogacho e/ou rompedores hidráulicos. O segundo desmonte, por questões de segurança e para minimizar os ruídos, é o mais apropriado. Subsequentemente, efetua-se o carregamento e o transporte dos fragmentos de rocha para as instalações de britagem, denominadas praças de alimentação, para armazenagem temporária e alimentação dos britadores.

Os principais equipamentos utilizados nas operações de lavra são: perfuratrizes de carreta rotopneumáticas, perfuratrizes de carreta hidráulicas, martelotes manuais, pás carregadeiras, retroescavadeiras, rompedor hidráulico, drop ball, caminhões basculantes fora de estrada, caminhões basculantes comuns, trator de esteiras com lâminas, compressores de ar estacionários elétricos e compressores móveis a diesel.

Sendo a base para um procedimento correto de desmonte primário, a utilização de explosivos requer um bom planejamento do plano de fogo, que é influenciado por diversos fatores, os quais necessitam controle técnico para que os objetivos do desmonte sejam alcançados. A escolha do método e dos equipamentos de perfuração, a distribuição, o diâmetro, a profundidade dos furos, o tipo de explosivo a ser utilizado e a qualificação da equipe de desmonte são fatores primordiais para o sucesso da operação. Somadas a essas observações, é de fundamental importância analisar as condições geológicas, as quais têm papel imprescindível na elaboração de um plano de fogo eficaz.

O desmonte secundário se faz necessário quando, após o desmonte primário, ainda restam blocos com dimensões superiores à abertura do britador primário ou quando a detonação foi insuficiente no pé da bancada, gerando uma parte do maciço que não foi desmontada, o que causará problemas nos desmontes subsequentes. Uma das maneiras de executar o desmonte secundário é a utilização de fogacho, que constitui um fogo secundário, onde os blocos de rocha são perfurados, com o emprego de martelote pneumático, e os furos são carregados com pequena quantidade de explosivo para serem detonados com o objetivo de se obter o tamanho de bloco desejado. Porém, o método mais utilizado é o desmonte mecânico, com a utilização de rompedor hidráulico usado acoplado a uma escavadeira que quebra o bloco de rocha em pedaços menores (Figura 5.2), e/ou



Figura 5.2 - Rompedor hidráulico quebrando blocos. Complexo Belém de São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 086). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

drop ball, que consiste em uma esfera de aço de peso elevado içada por uma escavadeira e lançada por sobre o bloco de rocha, fragmentando-o em pedaços menores.

5.1.2. Carregamento e transporte

Posteriormente aos desmontes primário e secundário dos blocos na frente de lavra, a rocha é transportada para o britador primário na usina de britagem em caminhões basculantes comuns (Figura 5.3). Cabe salientar que o transporte constitui um fator de alto custo no mercado da brita, já que o uso do caminhão ocorre em todas as fases da mineração, desde a frente de lavra, planta de britagem e escoamento de produção até o mercado consumidor.



Figura 5.3 - Operação de caminhões basculantes fora de estrada. Complexo Belém de São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 086). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

5.1.3. Beneficiamento

Após o desmonte, o material é transportado para a unidade de britagem, onde será submetido para etapas de beneficiamento, como fragmentação ou cominuição, que são realizadas por britadores, e classificação, executadas por meio de peneiras.

A rocha é submetida a sucessivos processos de fragmentação para reduzi-la aos tamanhos requeridos. As etapas de fragmentação são denominadas britagem e rebitagem. A primeira refere-se à britagem primária, enquanto a rebitagem engloba todos os estágios seguintes de fragmentação da rocha. O conjunto de britagem é composto por vários equipamentos, como alimentador vibratório, britador primário, rebitadores, conjunto de peneiras e correias transportadoras.

No início do beneficiamento são utilizados britadores primários, geralmente de mandíbulas, que trituram a rocha por esmagamento. Posteriormente, britadores secundários do tipo cônico quebram a rocha por atrito. A alimentação do circuito acontece através de correias transportadoras.

A classificação final do produto, após a britagem secundária, é realizada pelo conjunto de peneiras vibratórias com dois, três e quatro decks com malhas específicas, podendo ser de arame ou borracha, onde retêm e/ou deixam passar a brita. A brita que passa por uma peneira é a que será estocada. A brita retida é devolvida ao rebitador de forma sucessiva até que se obtenha o produto na granulometria desejada. A brita que passou na peneira cai numa bica, e é conduzida por uma correia transportadora para formação da pilha final do produto (Figura 5.4).



Figura 5.4 - Conjunto de correia transportadora utilizado para formação da pilha do produto final. Granitoides Indiscriminados – Rio Largo/AL (Afloramento KC 087). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

O carregamento para estoque ocorre de forma mecanizada, através de pás carregadeiras ou diretamente das correias. O transporte é realizado por caminhões basculantes rodoviários ou caçambas das próprias pedreiras ou de terceiros. O escoamento da produção é facilitado devido à boa infraestrutura de acessos (rodovias estaduais e federais), que chegam até as proximidades das áreas produtoras.

Toda a metodologia de lavra e beneficiamento das pedreiras segue a mesma sistemática nos processos descritos anteriormente, variando apenas nos produtos finais gerados.

5.1.4. Paralelos (paralelepípedos)

A pavimentação de paralelepípedo ainda é extremamente utilizada nas cidades menores e em alguns bairros das cidades maiores, onde a superfície de rolamento constituída por poliedros de rocha, adequadamente selecionada e cortada, apresenta uma duração ilimitada. Sendo a extração desses bloquetes uma atividade bastante necessária para a região. A confecção de paralelos de rocha é uma atividade econômica forte no município de Murici.

A exploração desse material, em geral, ocorre de forma rudimentar, manual, em quantidades pequenas e, por vezes,

com ausência de equipamentos básicos de segurança para o manuseio das ferramentas utilizadas para extração.

A lavra ocorre, praticamente, em simultâneo com o beneficiamento desses bloquetes, que utilizam equipamentos básicos, como escopros e marretas de tamanhos variados (Figura 5.5). Em geral, pequenos fogachos são executados para abrir a frente de lavra; em seguida, nas fraturas de alívio de tensão da rocha, são colocados os escopros, os quais são martelados por marretas de pesos distintos, gerando “folhas”, que são cortadas nos tamanhos dos paralelos desejados (Figura 5.6), também com a utilização das marretas.



Figura 5.5 - Escopros e marretas utilizadas na confecção dos paralelos. Complexo Belém de São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 113). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 5.6 - Paralelos de rocha prontos para a comercialização (paralelepípedos). Complexo Belém de São Francisco – Murici/AL (Afloramento KC 113). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

5.2. AREIA

O método de lavra de areia é definido conforme o tipo de depósito, podendo ocorrer por meio de desmonte hidráulico ou dragagem. Já o beneficiamento da

areia é simples, utilizando peneiras e silos de decantação, que separam as frações granulométricas em muito fina, fina, média, grossa e muito grossa. É bastante usual a comercialização das frações mais grosseiras, como cascalho, pedregulho ou pedrisco, que são separadas nas primeiras fases de peneiramento.

5.2.1. Lavra

Os processos de lavra adotados para a exploração são definidos de acordo com o tipo de depósito mineral. Na Região Metropolitana de Maceió, dois métodos são utilizados, desmonte hidráulico e dragagem (mecânica ou dragagem manual).

O sistema de dragagem mecânica constitui-se através da escavação ou remoção dos sedimentos do fundo de rios, lagos e de outros corpos d'água, através de equipamentos denominados dragas. Dragas são embarcações ou plataformas flutuantes que são equipadas para efetuar a remoção da areia através de um sistema de bombas hidráulicas que, quando devidamente posicionadas, succiona os sedimentos para um compartimento no seu interior, quando a draga é móvel, ou para a margem do rio, quando é fixa. No caso da draga móvel, uma vez carregada, o sedimento se deposita por gravidade no depósito e a água permanece como sobrenadante. À medida que o volume de areia aumenta no depósito interno, acontece o transbordamento da água excedente dos tanques da barcaça. A água excedente é denominada overflow e constitui o resultado da grande quantidade de água aspirada junto com os sedimentos. Posteriormente, a balsa desloca-se até a margem, onde é efetuada a operação de descarregamento da areia, havendo o bombeamento do material para o depósito situado na margem do rio, onde é peneirado, e temporariamente estocado antes de ser carregado nos caminhões.

No caso da draga fixa, as barcaças são sustentadas por tambores flutuantes (Figura 5.7) e não possuem depósito



Figura 5.7 - Sistema de barcaça fixa sustentada por tambores flutuantes. Depósitos fluviolagunares – Pilar/AL (Afloramento KC 074). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

interno. Tubos são acoplados às bombas, servindo como condutores da água necessária à escavação e como meio de transporte do material da polpa até o depósito nas margens. Esse material é depositado em bacias de decantação, onde os sedimentos finos retornam ao curso d'água e as frações maiores depositam-se em pontos de estoque nas margens próximas à extração (Figura 5.8).



Figura 5.8 - Conductor que transporta o material da polpa até o depósito nas margens. Depósitos fluviolagunares – Pilar/AL (Afloramento KC 074). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

O sistema de dragagem manual pode ocorrer por meio da extração dos sedimentos do fundo do leito ativo de forma extremamente rudimentar. Consiste numa barcaça feita com a utilização de garrafas pets e bambus, com uma área central delimitada com talas de madeira para colocação do material extraído, onde a água e os sedimentos finos escoam por entre as brechas da madeira retornando ao curso d'água, ficando apenas os agregados miúdos. Esse material é retirado através de baldes do fundo do rio e/ou lagoa de forma manual (Figura 5.9). Esse método ainda é muito utilizado na RMM, principalmente nos municípios de Atalaia e Rio Largo.

Nas áreas de várzeas, a extração ocorre, inicialmente, de forma mecânica, com o desmonte hidráulico, em cava que forma um tipo de lagoa fechada, não ligada diretamente aos cursos d'água. Quando o nível do lençol freático é atingido, são introduzidas as dragas de sucção, que conduzem a areia por uma tubulação até os locais de estocagem.

O método de desmonte hidráulico, ou mecânico, é realizado nos leitos secos ou parcialmente secos dos rios durante os períodos de estiagem, nas planícies aluviais e nos depósitos litorâneos. Esse método de lavra geralmente é utilizado em depósitos não coesos, em locais secos. A extração é realizada através da escavação direta do material inconsolidado, por escavadeiras ou pás-carregadeiras (Figura 5.10). O carregamento pode ser feito direto nos caminhões ou após o armazenamento em pilhas de estocagem para o carregamento posterior em caminhões e transporte do material para venda.



Figura 5.9 - Barcaças rústicas utilizadas para a extração e transporte da areia. Depósitos fluviolagunares – Atalaia/AL (Afloramento KC 061). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 5.11 - Carregamento realizado de forma manual. Depósitos fluviolagunares – Satuba/AL (Afloramento KC 079). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.



Figura 5.10 - Desmorte mecânico com utilização de pá carregadeira. Depósitos litorâneos – Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 020). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

5.2.2. Beneficiamento

O beneficiamento executado é para adequar a areia ao seu uso como agregado miúdo na construção civil. Quando necessário, ele se dá de maneira simplificada, onde o material extraído passa por um sistema de peneiramento simples por grelhas fixas, que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas e concreções) e eventuais impurezas (matéria orgânica, folhas e troncos).

Em geral, o material lavrado não vai para pilha de estoque temporário, sai direto do areial para os depósitos de materiais de construção e para os pátios das construtoras, concreteiras, lojas de materiais de construção e outros.

O carregamento para estoque e/ou expedição pode ser realizado de forma mecanizada, com pá carregadeira ou carregadeira hidráulica, ou de forma manual, com utilização de pás (Figura 5.11). As areias extraídas em depósitos litorâneos são comercializadas sem necessidade de beneficiamento (in natura).

5.3. ARGILAS

5.3.1. Lavra

A lavra nos depósitos de argila inicia-se com o decaimento do terreno. O solo é disposto em pilhas e coberto com lonas, para posterior reutilização, visando à revitalização da área, quando a lavra do material a ser explorado for finalizada.

A extração da argila ocorre de forma simples, através do desmorte hidráulico, utilizando pá carregadeira e retroescavadeira, para a extração do material argiloso, e caminhões basculantes para o transporte.

A lavra ocorre de maneira semelhante ao método de mineração em tiras (stripping mine). Lavrando-se faixas aproximadamente perpendiculares à direção de avanço.

As poucas olarias que fabricam produtos cerâmicos na região ficam nos municípios de Atalaia e Capela (que se localiza no entorno da RMM).

5.3.2. Beneficiamento (produtos cerâmicos)

A argila extraída na lavra é levada para depósitos ao ar livre, onde é remexida sumariamente e passa por um período de descanso. Tem por finalidade principal a fermentação das partículas orgânicas, aumentando a plasticidade. Esse processo recebe o nome de “apodrecimento” da argila, que também serve para corrigir o efeito das pressões sobre o material argiloso.

Durante a estação chuvosa, o material armazenado tende a secar nos pátios de estocagem. Já durante a estiagem, é umedecido e homogêneo para a próxima etapa.

A alimentação do processo produtivo inicia-se da seguinte forma: o material argiloso é disposto em um caixão alimentador, que abastece uniformemente a linha de

produção, por meio de uma correia transportadora, onde são retiradas, de forma manual, galhos, fragmentos de rochas e outros corpos que estejam na argila. Em seguida, é conduzido ao desintegrador, que faz a pré-laminação, através da passagem entre os rolos (4 a 9 mm), e segue para o misturador, que compreende o equipamento que garante a mistura homogênea de diversos tipos de argila, distribuindo água e triturando os torrões. Nessa etapa, para obter uma pasta plástica consistente, é adicionado de 20 a 35% de água. Posteriormente, o material passa para o laminador, que realiza o processo de eliminação dos pedregulhos, que permaneceram após a retirada manual, e completa a mistura da massa. O material misturado é encaminhado então para a “maromba” ou extrusora, que consiste em forçar a massa a passar, sob pressão, através de um molde apropriado, formando uma fita uniforme e contínua, a qual é cortada em dimensões pré-definidas. A máquina extrusora tem a função de dar a forma final ao produto (Figura 5.12).



Figura 5.12 - Vista da “maromba” confeccionando tijolos de seis furos. Atalaia/AL (Ponto KC 047).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

A secagem é tão importante quanto o cozimento, pois logo após a moldagem ainda permanecem de 5 a 35% de água. Se a argila for levada ainda úmida ao forno, a umidade interior ficará retida pela crosta externa, aparecendo tensões internas e o conseqüente fendilhamento do produto cerâmico. Por isso, é necessária a secagem prévia. Se a secagem não for uniforme, aparecerão distorções nas peças, porém se for muito lenta, a produção poderá se tornar adversa do ponto de vista econômico.

Em geral, a secagem pode ser feita de forma natural ao ar livre ou através de secadores de ar quente. Esse processo pode durar um período que varia de 10 a 30 dias na primeira forma, ou 3 a 5 dias, na segunda forma, de acordo com a umidade relativa do ar no local de secagem e as características do material utilizado.

Posteriormente, os produtos cerâmicos são levados aos fornos e queimados a temperaturas que variam entre 650° C e 1.000°C, por 2 a 4 dias (Figura 5.13). O principal cuidado no cozimento deve ser a uniformidade de calor ao forno. Usualmente, a queima é feita utilizando eucalipto da própria região.

Após o resfriamento, os produtos resultantes estão prontos para a comercialização.



Figura 5.13 - Forno para queima do material cerâmico. Atalaia/AL (Ponto KC 047). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

5.4. SAIBRO E CASCALHO

A lava de saibro e cascalho, que são utilizados como materiais de empréstimo na região, ocorrem de maneira muito similar à lava de argila, compreendendo uma operação conjunta que atua, principalmente, com o desmonte mecânico, utilizando pás escavadeiras e/ou retroescavadeiras (Figura 5.14). O transporte do material



Figura 5.14 - Pá carregadeira utilizada para desmonte mecânico da lava de material de empréstimo. Grupo Barreiras – Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 012).
Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

in natura é feito através de caminhões basculantes até as obras e/ou armazéns. Em algumas lavras, o desmonte e o transporte são realizados de forma artesanal. Geralmente, esse material é utilizado na construção de estradas e aterros de pequeno porte.

A extração caracteriza-se pela informalidade da atividade, que se desenvolve de forma irregular, predatória, sem planejamento e, por muitas vezes, sem responsáveis técnicos. No geral, o transporte é realizado por terceiros, que pagam pelo carregamento no local da extração e entregam diretamente no canteiro de obras, por preços negociados previamente. O material é entregue e aplicado sem sofrer nenhum processo de beneficiamento, isto é, no estado in natura em que é extraído.

5.5. CALCÁRIO

A utilização do calcário é extremamente ampla, podendo ser usado na obtenção de blocos para a indústria da construção, como material para agregados, cimento, cal, rochas ornamentais, dentre outros usos. Porém, na RMM e adjacências, essas rochas limitam-se à utilização nas fábricas de cimento.

5.5.1. Lavra

As minas de calcário da região são lavradas em pedreiras a céu aberto (Figura 5.15).

As principais etapas da lavra de calcário são praticamente as mesmas descritas na lavra de brita, como: remoção do capeamento, perfuração, desmonte primário através do plano de fogo, desmonte secundário através de rompedores hidráulicos e, por fim, o transporte da matéria-prima até a usina de processamento.

É comum, nas grandes minerações, a terceirização das operações de lavra e transporte do calcário. Porém, em muitos casos, as etapas da mineração estão localizadas no complexo geral das operações da própria empresa, em especial, nas minas próximas aos centros urbanos.

5.5.2. Beneficiamento (cimento)

O cimento Portland é atualmente produzido em instalações industriais de grande porte, geralmente localizadas junto às jazidas. Trata-se de um produto de preço relativamente baixo, que não comporta frentes



Figura 5.15 - Lavra paralísada de calcário, com três bancadas. Formação Morro do Chaves – São Miguel dos Campos/AL (Afloramento KC 028). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

a longas distâncias. Para sua fabricação, necessita de misturas de materiais calcários e argilosos em proporções adequadas que resultam em composições químicas apropriadas para o cozimento.

Após a lavra, a fabricação do cimento Portland segue cinco operações principais, sendo elas:

Britagem: que ocorre de forma idêntica às minerações de brita, através de britadores;

Moedura e Mistura: geralmente por via seca, onde a matéria-prima é inicialmente levada a estufas, para secagem, posteriormente, junto com material argiloso, também seco, são proporcionados e colocados em moinhos e silos, onde são reduzidos a grãos de pequenos tamanhos formando uma mistura homogênea;

Queima: a operação de queima da mistura crua é feita em fornos, onde a temperatura é elevada a níveis necessários para a transformação química do material em clinker, que após 3 a 4 horas no forno sai de forma incandescente e é resfriado mediante correntes de ar;

Moedura do Clinker: é realizada em moinhos de bola conjugados com separadores de ar, acrescentados de gipsita e com alguns aditivos para facilitar a moagem;

Expedição: o clinker já pulverizado é conduzido pneumáticamente para separadores de ar, que separa os grãos de menores tamanhos a silos de estocagem, finalizando assim o beneficiamento do calcário para a fabricação do cimento Portland.

6. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

6.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Em termos mundiais, a preocupação com o meio ambiente ganhou publicidade a partir da década de 1970, com a Conferência Internacional sobre o Homem e o Meio Ambiente, conhecida também como Conferência de Estocolmo 72. Posterior a esta data, duas outras conferências mundiais foram realizadas, espaçadas de 20 anos, a Rio-92 (1992) e a Rio+20 (2012), onde foram realizadas tendo como importantes corolários as noções de sustentabilidade, responsabilidade social, produção limpa, convergindo ainda para a realidade maior das fragilidades e finitude de uma One Earth, ou uma Terra Única.

Os documentos gerados nesses encontros, cartas de princípios e protocolos de colaboração internacional, vêm atualmente pautando as ações em política ambiental das nações, e estão consubstanciadas na Agenda 21 Global. No plano nacional, existem diversos cadernos preparados para discussão dessa agenda, dando à importância da atividade mineral, destacando o desenvolvimento das nações e, também, o seu elevado potencial de impactos ambientais gerados, e reconhecida a necessidade de ações mitigadoras e corretivas, visando sua própria sustentabilidade.

6.2. CONCEITOS

Impacto ambiental é a alteração da qualidade do ambiente, que resulta da modificação de processos naturais ou sociais, provocada pela ação humana (Sánchez, 1998a), isto é, o impacto ambiental caracteriza-se como o resultado de uma ação antrópica, que é a sua causa. Já o termo aspecto ambiental, segundo Sánchez (2008), pode ser compreendido como o mecanismo através do qual uma ação antrópica causa um impacto ambiental.

Desta forma, as ações antrópicas são as causas e os impactos ambientais são as consequências, enquanto que os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem as consequências. A título de exemplo: em uma lavra de rocha granítica visando a produção de brita, várias ações antrópicas são executadas durante a operação do empreendimento. A britagem de rocha é uma delas. Um dos aspectos ambientais comuns no processo de britagem é a emissão de poeira, que pode levar à geração do impacto de redução da qualidade do ar. Neste caso, a britagem corresponde à ação antrópica, a emissão de poeira representa o aspecto ambiental e a redução ou piora da qualidade do ar constitui o impacto ambiental resultante da ação.

6.3. ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Na RMM e adjacências, o Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA), criado pela Lei Estadual nº 3543 de 30/12/1975, o mais antigo Órgão Ambiental do Brasil, é responsável pela execução das políticas estaduais de meio ambiente, entendidas como o conjunto de normas, planos, programas e outros instrumentos de proteção ambiental.

Ao todo são 15 unidades de conservação ambiental ativas na região, sendo: Áreas de Proteção Ambiental (APA); Estação Ecológica (ESEC); Parque Municipal; Reserva Ecológica (RESEC), e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) (Figura 6.1).

As unidades são separadas em duas classificações: as que apresentam proteção integral das atividades em suas demarcações e as áreas que permitem exploração, desde que de forma sustentável. As áreas que apresentam proteção integral são: a Estação Ecológica de Murici, em Murici, tendo jurisprudência federal, o Parque Municipal de Maceió, em Maceió, e a RESEC do Saco da Pedra, em Marechal Deodoro, de jurisprudência estadual. As áreas que permitem o uso de forma sustentável são: APA de Santa Rita, em Marechal Deodoro; APA do Catolé e Fernão Velho, em Maceió; APA do Pratagy, em Maceió e Rio Largo; APA de Murici, em Murici; Todas as RPPN dispersas pela área do projeto também são de jurisprudência estadual.

6.4. IMPACTOS DECORRENTES DA MINERAÇÃO

Os tipos e dimensões dos impactos causados pela mineração dependem principalmente do tipo de lavra, da substância e tipologia do depósito, da dimensão do empreendimento, dos processos de beneficiamento, da estocagem e do transporte. A atividade para extração de cada substância pode ser responsável por uma série de impactos ambientais (Tabela 6.1).

6.4.1. Decapeamento e abertura de acessos

A extração mineral tem seu início com a abertura da frente de lavra. Nesta etapa ocorre a remoção do solo e da cobertura vegetal, em geral, com a utilização de retroescavadeiras, pá carregadeiras e auxílio de caminhões basculantes.

A camada de solo e a cobertura vegetal proporcionam ao substrato uma proteção natural à ação de agentes erosivos, controlam o potencial de infiltração das águas pluviais

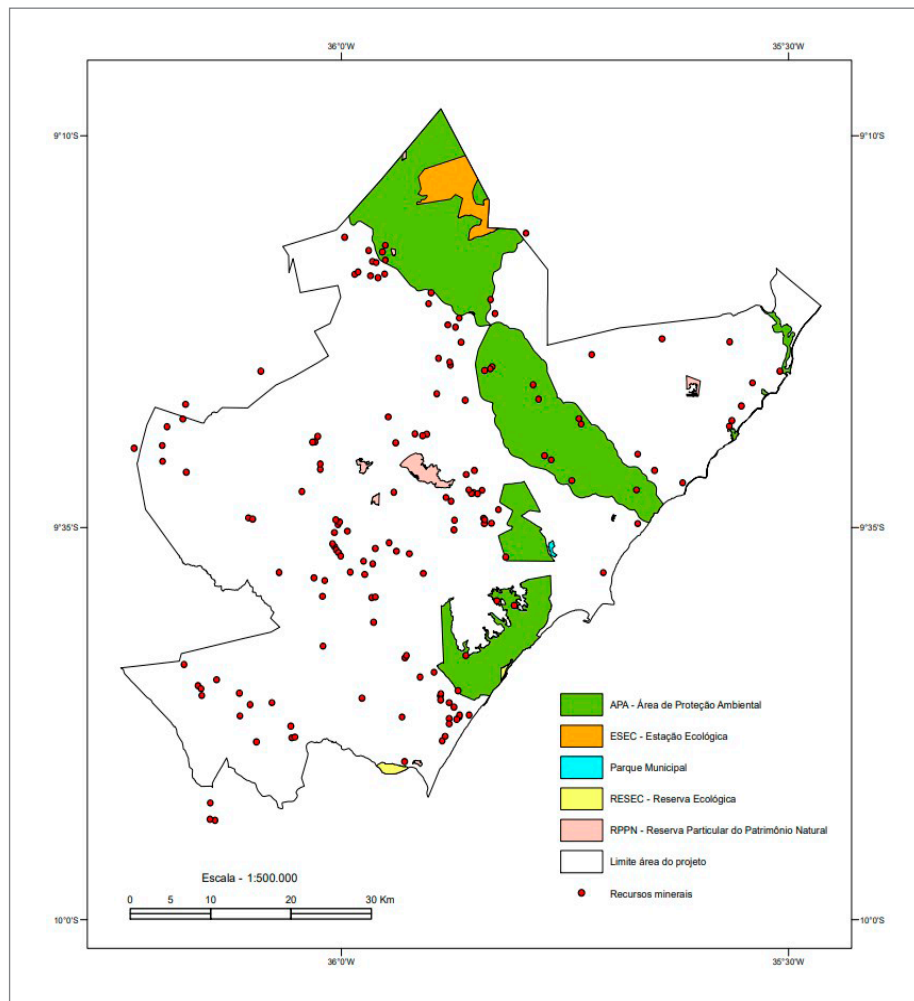


Figura 6.1 - Mapa Simplificado das unidades de conservação ambiental da RMM e Adjacências. Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2020.

Tabela 6.1 - Principais tipos de impactos ambientais gerados pela atividade mineral de insumos minerais para a construção civil na RMM e adjacências.

ATIVIDADE	IMPACTOS AMBIENTAIS	SUBSTÂNCIA
Decapeamento e Abertura de Acessos	Desmatamento; acentuação de processos erosivos e de assoreamento; alteração na paisagem; poluição sonora e atmosférica.	Todas
Lavra por Desmonte com Explosivos e/ou Escavação Mecanizada	Modificação da topografia; acentuação de processos erosivos; desestabilização geotécnica do terreno; poluição sonora; contaminação de águas subterrâneas; aumento de material particulado; Poluição sonora e visual, rebaixamento do nível freático, emissão de gases, poeiras, ruídos e vibrações.	Areia; argila; saibro; brita; calcário
Lavra por Dragagem	Rebaixamento do nível freático; aumento da turbidez da água; modificação do fluxo hidrológico; aumento da erosão; redução da biodiversidade aquática; contaminação das águas.	Areia
Estocagem de Minério e Deposição de Estéreis e Rejeitos	Aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água; contaminação de corpos d'água.	Todas
Britagem	Poluição sonora; emissão de material particulado; ultralanchamentos de rocha.	Brita; calcário
Expedição e Transporte de Carga	Emissão de gases e poeiras; ruídos e vibrações.	Todas

e o regime hidrológico do terreno, além de serem responsáveis pela evolução e manutenção da biodiversidade. A retirada dessa camada resulta em impactos ambientais negativos ao meio físico, tais como: diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais e alteração do regime de fluxo hidrológico, aumento da erodibilidade do substrato, dentre outros aspectos. No meio biótico, os impactos refletem-se na redução da biodiversidade, na perda do banco de sementes e no afastamento da fauna.

Máquinas específicas são necessárias para realizar o decapeamento e o transporte do material, mas são responsáveis pela geração de gases e poeira, assim como ruídos e vibrações sonoras que se disseminam pelo entorno dos empreendimentos, resultando em impactos, tais como: redução da qualidade do ar, afastamento da fauna e incômodo à vizinhança.

Os impactos ambientais descritos, resultantes da etapa de decapeamento e abertura de acessos, podem ser atenuados quando alguns procedimentos são adotados de forma correta, como:

1 - Efetuar a retirada da vegetação em etapas controladas, de forma a possibilitar o direcionamento da fauna para áreas previamente planejadas com a finalidade de serem preservadas;

2 - Executar o aproveitamento máximo da massa vegetal retirada, através da compostagem para posterior aplicação na revegetação das áreas degradadas;

3 - Iniciar a remoção seletiva do material de cobertura, separando a camada de solo vegetal, objetivando preservá-la para utilização posterior, o que permite a conservação da fertilidade residual da área, após a lavra, e de grande parte do banco de sementes de espécies nativas;

4 - A drenagem pluvial de toda área decapeada deverá ser orientada de forma que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação dos sedimentos, as quais deverão ser construídas em locais topograficamente favoráveis;

5 - Conservar a vegetação arbórea no entorno da mina quando presente ou promover o plantio vegetal, com vistas a atenuar o impacto visual e conter a dispersão de poeiras e a emissão de partículas sólidas oriundas da movimentação do maquinário;

6 - Realizar a manutenção periódica do maquinário para diminuir a excessiva emissão de gases, ruídos e, notadamente, o vazamento de óleos.

As operações de lavra através da exploração mecânica de decapeamento, em geral, é bastante utilizada para insumos como argila vermelha, areia, saibro e cascalho, relacionados às formações sedimentares. O principal aspecto ambiental desta fase é a modificação da topografia original do terreno, a qual pode estar associada à interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas (Figura 6.2), provocando impactos como a desestabilização geotécnica do terreno e a contaminação das águas subterrâneas.



Figura 6.2 - Lavra de saibro com cava inundada após interceptar o nível freático, Grupo Barreiras - Município de Marechal Deodoro/AL- (Afloramento KC 010). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

6.4.2. Lavra por desmonte com explosivos e escavação mecanizada

A exploração de materiais através de desmonte com explosivos inicia-se com a retirada do capeamento e da cobertura vegetal pela ação mecânica de pá carregadeira ou retroescavadeiras, que dá lugar a utilização de martelos pneumáticos com auxílio de compressores, seguido do emprego de explosivos para o desmonte do pacote rochoso para brita. Desta forma, a execução do plano de fogo pode causar produção de poeiras durante a perfuração da rocha para a colocação dos explosivos, além de gerar intensa vibração no solo quando ocorre a detonação.

Quando o plano de fogo é executado fora das normas técnicas, e a mina localiza-se próximo a áreas habitadas, a geração de vibração pode provocar danos às estruturas das construções no entorno do empreendimento e incômodo à vizinhança. Outro fator que ocorre relacionado é o ultralancamento de partículas sólidas, que acontece em consequência do uso excessivo de carga explosiva, e que consiste no lançamento de fragmentos rochosos, além da área de manobra e carregamento (praça), principalmente, devido à falta de orientação técnica durante a execução do plano de fogo.

Alguns exemplos de medidas a serem tomadas para a atenuação dos impactos relacionados à fase de lavra estão descritos a seguir:

1 - As alturas e inclinações dos taludes da frente de mineração, assim como a largura das bermas, deverão ser estabelecidas como base em projeto geotécnico, respeitando o ângulo de atrito interno do material, o ângulo e o sentido do mergulho da foliação da rocha, o grau de saturação e a influência do fraturamento e das demais descontinuidades existentes, garantindo, assim, a estabilidade geotécnica;

2 - Os taludes, onde as alturas excedam os limites acima considerados, deverão ser subdivididos com a criação de bancadas intermediárias, considerando o disposto na condição acima;

3 - O sistema de drenagem pluvial, implantado durante o decapeamento, deverá também abranger os taludes, bermas e praça de mineração, de modo que as águas de escoamento sejam direcionadas para bacias de decantação de sedimentos, construídas em locais topograficamente favoráveis;

4 - Quando necessário, deverão ser incorporados ao sistema de drenagem das águas pluviais dissipadores de energia de escoamento, como escadas d'água, para reduzir a velocidade da água e, conseqüentemente, a sua capacidade erosiva;

5 - Providenciar a preservação e o adensamento da vegetação arbórea no entorno do empreendimento, e no caso da sua falta, deve-se assegurar a sua instalação, o que constituirá uma das medidas mais importantes, para a diminuição do impacto visual e contenção da dispersão de poeiras e partículas sólidas oriundas das detonações e escavações;

6 - Outras ações mitigadoras de controle de poeiras listam-se a executar as perfurações para desmonte, com dispositivo a úmido, e utilização de carros-pipa para a umectação dos acessos internos, diminuindo a geração de poeira na fonte.

7 - Providenciar a implantação de um sistema de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de realizar campanhas de amostragem e análise periódicas para a identificação de contaminantes;

8 - Caso ocorra a interceptação do nível freático ou das águas subterrâneas, deverá ser providenciado o reconhecimento e a redução das potenciais fontes de contaminação;

9 - Em relação ao controle de ruídos e vibrações provocados nas detonações, deverá ser obedecido um plano de fogo adequado e monitoramento periódico assinado e acompanhado por profissional habilitado;

10 - Para o eficaz controle dos ultraslançamentos, deverá ser observado o dimensionamento adequado do plano de fogo, levando-se em conta as anomalias da rocha, tais como: estágio de decomposição, juntas ou diáclases, espelhos de falhas, fraturas etc.

6.4.3. Lavra por dragagem

A dragagem é um método de lavra praticado principalmente na mineração de areia, e, por vezes, em argilas de várzeas aluvionares, através de tanques artificiais, após a interceptação do nível freático, e na lavra de areia em cursos d'água naturais. Com relação à questão ambiental, a principal diferença entre esses dois casos é que o último apresenta uma maior complexidade de interações com o meio, tendo maiores desdobramentos quanto aos impactos ambientais.

A exploração dos insumos minerais em cursos d'água naturais consiste na retirada dos sedimentos arenosos inconsolidados, localizados em depósitos subaquosos do leito ativo do rio, onde a extração da areia é feita com o uso de embarcações de maior porte que as utilizadas em tanques artificiais, possuindo dispositivos de dragagem mais potentes, dos tipos mecânicos e/ou hidráulicos. As dragas mais comuns são as dotadas de bombas de sucção e recalque, do tipo hidráulico.

Quando a dragagem ocorre sem os cuidados necessários, sendo realizada próximo às margens, não respeitando a capacidade de reposição sedimentar e aprofundando excessivamente o leito natural, pode ocasionar sensíveis modificações na morfologia da calha do curso d'água. Tal aspecto resulta em uma série de impactos ambientais, inclusive nas suas margens (Figura 6.3).



Figura 6.3 - Dragagem muito próxima a margem, aumentando o deslizamento dos sedimentos das encostas, Depósitos fluviolagunares – Município de Rio Largo/AL (Afloramento KC 070). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

As modificações do fluxo hidrológico pela transformação da área da seção transversal do canal, acarretando em mudanças nas velocidades de corrente e regime de fluxo da água, podem ocorrer no meio físico. Os possíveis impactos, como consequência, são: gradação da erosão nas margens e aceleração da desestabilização geotécnica, exemplificados pelos solapamentos. Também é através do processo de dragagem que ocorre a ressuspensão de sedimentos finos que se encontravam depositados no fundo do canal, aumentando a turbidez das águas logo a jusante da draga e, em alguns casos específicos, solubilizando contaminantes que podem estar adsorvidos na fração argilosa dos sedimentos. Ainda pode acontecer a contaminação das águas por óleos e graxas, no caso de naufrágio da embarcação ou pela falta de manutenção na casa de máquinas, somada à ausência de um sistema de contenção de possíveis vazamentos de combustíveis.

Já no meio biótico, os impactos potenciais ocorrem com a redução da biodiversidade aquática pela perturbação das rotas de peixes e do habitat dos organismos que vivem no fundo do canal (bentônicos). A queda de vegetação ciliar associada à desestabilização das margens, também, configura um impacto ao meio biótico.

Vale ressaltar, que o impacto visual oriundo da erosão das margens e da conseqüente queda de vegetação ciliar, assim como os possíveis danos a construções existentes junto às margens, tais como casas, portos e atracadouros, podem estar associados a uma dragagem sem controle técnico. Alguns exemplos de medidas amenizadoras para os impactos ambientais listados são descritos a seguir:

1 - Não operar a dragagem junto às margens do curso d'água, para desta forma não causar o abatimento do seu sopé e o conseqüente solapamento;

2 - A preservação de faixas de distanciamento mínimo da dragagem em relação às margens, também reduz os impactos sobre a biodiversidade do curso d'água, sobretudo quanto aos organismos bentônicos, que necessitam da penetração da luz solar e concentram-se nas porções mais rasas do leito;

3 - A lavra deve ser direcionada aos bancos de sedimentos inconsolidados existentes, frutos do regime de deposição natural, assim como ser compatível com a capacidade de reposição natural de sedimentos pelo curso d'água, para minimizar a influência da mineração sobre a alteração da forma do canal, velocidade e regime de fluxo hídrico;

4 - A extração do insumo deve ser feita através da retirada de sucessivas camadas horizontais regulares do centro para as margens, dessa maneira, evitando-se a formação de depressões acentuadas, que poderiam provocar aumento da turbulência no fluxo hídrico e conseqüente aumento da erosão no fundo do canal e suas margens;

5 - Regularmente, devem ser executados o monitoramento da taxa de reposição de sedimentos e o levantamento batimétrico do leito do canal, de modo que as medidas acima descritas possam ser executadas de forma eficiente.

6 - A ancoragem das embarcações deverá ser realizada somente em locais autorizados;

7 - As dragas devem sofrer manutenção periódica e serem dotadas de compartimentos estanques, para a contenção de eventuais vazamentos de óleos e graxas.

6.4.4. Estocagem de minério e deposição de estéreis e rejeitos

Quando ocorre a extração do insumo, é comum que os estéreis e os rejeitos não sejam corretamente armazenados, onde, em geral, são simplesmente acomodados em enormes pilhas de material expostas às intempéries. Os impactos no meio físico podem ser causados pelo transporte destes materiais, através das águas pluviais

que incidem no empreendimento. Tais impactos podem ser exemplificados pelo aumento do assoreamento e da turbidez nos cursos d'água, à jusante das minas devido à disponibilização de grandes quantidades de sedimentos.

Um caso desses possíveis impactos é o da mineração de areia, tanto em cava como em cursos d'água, onde o minério é transportado por embarcações até depósitos localizados junto às margens das cavas ou dos rios. Nestes locais, comumente, a areia é retirada da embarcação por meio de bombeamento, onde uma mistura de areia e água é lançada através de uma tubulação até o local de estocagem. Quando acontece de o local não possuir um eficaz sistema de separação desta água e sedimento, tal como sistema de drenagem ligado a bacia de decantação, uma grande quantidade de água com sedimentos em suspensão pode retornar ao corpo d'água elevando localmente sua turbidez e nível de erosão e assoreamento.

Para a redução destes possíveis impactos no meio ambiente, são especificadas algumas medidas a serem tomadas durante as operações de lavra:

1 - O minério, os estéreis e os rejeitos, deverão ser armazenados em área previamente delimitadas para este fim, provida de cobertura e/ou com sistema de drenagem das águas pluviais em seu perímetro, de forma a conduzir as águas para bacias de sedimentação para serem periodicamente desassoreadas;

2 - No caso dos terminais hidroviários de minério, a descarga da areia deve ser realizada em compartimento específico, que deve possuir sistema de drenagem e bacia de decantação em pleno funcionamento, proporcionando o retorno das águas para o recurso hídrico livre de sedimento e com baixa velocidade de escoamento;

3 - O solo orgânico removido durante o decapeamento deve ser armazenado em local próprio e coberto. As pilhas não deverão ter altura excessiva, para evitar a sua compactação, garantindo assim que o solo retido mantenha ao máximo as suas propriedades e seja utilizado para a recuperação futura da área.

6.4.5. Britagem

Neste processo os blocos individualizados pela detonação da rocha são transportados até a planta de britagem, onde são submetidos a várias fases de cominuição mecânica para a produção de diferentes tamanhos de brita. Esse processo gera pontos de emissão de poeira, que ocorrem tanto nas ações de extração da rocha, quanto na alimentação do material colocado nos britadores (primário e secundário), passando dos moinhos ao sistema de transferência (correia transportadora, elevadores, rampas, etc.) e aos sistemas de peneiramento e empilhamento para estocagem (Figura 6.4).

A poeira gerada pelo processo é constituída por uma fração de granulometria muito fina, o que propicia



Figura 6.4 - Constante camada de fumaça no pátio de britagem, Granitoides Indiscriminados – Município de Muriçi/AL (Afloramento KC 086). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018.

a suspensão por algum tempo no ar e, dependendo das condições do vento, propagando-se por extensas áreas vizinhas, causando a redução da qualidade do ar. Os efeitos mais acentuados, tanto no ser humano quanto nos animais, estão vinculados às complicações respiratórias.

Para minimizar a emissão de poeiras pela britagem, a planta de beneficiamento deve contar com dispositivos que reduzam a sua geração na fonte, tais como aspersores de água nos britadores primário e secundário e enclausuramento com instalação de filtros na moagem.

6.4.6. Expedição e transporte de carga

O emprego de equipamentos, como retroescavadeiras, pá carregadeiras e caminhões, são usuais a todas as etapas da mineração já descritas, além de ser necessário na expedição e transporte do minério para o consumidor.

A exemplo de outras etapas seguidas durante a produção dos insumos, na expedição e transporte de carga, a operação do maquinário é potencialmente responsável pela emissão de gases e poeiras, às vezes, vazamento de óleo, assim como a produção de ruídos e vibrações, trazendo como impactos a redução da qualidade do ar, o afugentamento da fauna e incomodo à vizinhança. O aumento do tráfego de caminhões impacta o meio antrópico, potencializando o congestionamento e danificando as malhas viárias, que não foram projetadas para suportar o peso e o fluxo dos caminhões carregados de minério.

A diminuição dos impactos descritos nesta etapa passam pela adoção das seguintes diretrizes:

1 – Executar a manutenção periódica do maquinário, de modo a não produzir excessiva emissão de gases, ruídos e vazamentos de óleo;

2 - Uso obrigatório de lonas nas caçambas dos caminhões para conter a dispersão de minério na pista durante o transporte;

3 - Não sobrecarregar o limite de peso de carga do caminhão e procurar, sempre que possível, utilizar rotas de escoamento da produção, cujas vias sejam compatíveis com o fluxo e peso da carga dos caminhões.

6.5. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que estabelece a necessidade da preparação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas pela atividade mineração, “a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (art. 3º), e propiciar uma nova feição e utilização socioeconômica ao sítio anteriormente degradado.

Com base no decreto, o termo de recuperação de áreas degradadas pela mineração é empregado na legislação como um sinônimo de reabilitação do local minerado e não no sentido de sua restauração. Isso ocorre pelo fato de que a lavra de insumos minerais para construção civil, tais como rocha para obtenção de brita e areia em várzeas, implica em grandes modificações do meio físico, assim como uma significativa alteração da topografia do terreno, fazendo com que o retorno das características originais seja impraticável.

Desse modo, a recuperação deve proporcionar um ambiente estável, física, biológica (Figura 6.5) e socialmente, sem riscos à saúde e a segurança, garantindo a possibilidade de um outro uso potencial sustentável.

Entretanto, constata-se que na maioria dos empreendimentos de insumos para a construção civil situadas na Região Metropolitana de Maceió e adjacências ocorre os seguintes problemas na recuperação:



Figura 6.5 - Recuperação do meio biótico de uma lavra desativada de saibro, Grupo Barreiras – Município de Marechal Deodoro/AL (Afloramento KC 122). Fonte: Klaryanna Cabral Alcantara, 2018

1 - A cultura de retardar a recuperação da área degradada apenas para depois da exaustão da mina, que constitui o período de diminuição de ganho de capital, ou quando houver a cobrança dos órgãos fiscalizadores.

2 - O emprego de medidas de recuperação insuficientes ou normalmente inadequadas às características do substrato remanescente nas áreas mineradas, evidenciando a ausência de pessoal técnico habilitado, o que ocasiona a ineficiência do planejamento e da execução técnica dos trabalhos de reabilitação.

3 - Fato bastante comum é a omissão da execução de recuperação do sítio degradado pela mineração, através do simples abandono da mina e geração de passivo ambiental local.

O passivo ambiental resultante na mineração de insumos para construção civil é bem representado pela porcentagem de minas paralisadas ou abandonadas sem a execução da recuperação ambiental, quantitativo que corresponde a aproximadamente 60% a 70% do total de empreendimentos existentes na região Metropolitana de Maceió e adjacências. Tal fato demonstra, também, a ausência de fiscalização dos órgãos ambientais atuantes, tanto na esfera municipal, quanto estadual.

Para que a ocorrência dessas situações seja reduzida, faz-se necessário que a recuperação da área degradada pela mineração seja projetada e executada por profissional habilitado, e deverá ser prevista já na fase do planejamento das futuras operações de lavra. Devendo o início de sua execução ser concomitante à fase de extração e estendendo-se até a exaustão da mina.

Vale salientar, que os processos de reabilitação necessitam estudos e adequação adaptáveis a cada condição. Em uma mesma mina, por exemplo, existem vários tipos de superfícies com características diferentes para reabilitação: taludes de aterro, taludes de corte, superfícies de corte, superfícies de aterro, substrato rochoso, solos residuais, saprólitos, dentre outros. Desta forma, é essencial conhecer bem as características do substrato remanescente das áreas degradadas.

Desta maneira, os critérios a serem adotados no processo de recuperação devem abranger o conhecimento de várias fases da mineração (pesquisa, lavra e beneficiamento, carregamento e transporte), da forma e grau de interferência de cada fase com o meio ambiente e das características topográficas, climáticas, litológicas, edáficas, geomorfológicas, da fauna e da flora locais. O

destino da área a ser recuperada deve ser claramente definido na fase do planejamento, podendo ser contemplados os seguintes tipos de uso:

- a) Reflorestamento com espécies nativas;
- b) Reflorestamento comercial com espécies exóticas;
- c) Parques, áreas de lazer e recreação;
- d) Projetos agropastoris ou hortifrutigranjeiros;
- e) Piscicultura;
- f) Área urbana, residencial, comercial, industrial, etc.;
- g) Aterros de resíduos sólidos da construção civil.

Vele ressaltar, que a definição da utilização da área recuperada no futuro deve sempre estar de acordo com o estabelecido em zoneamentos ecológico-econômicos, com planos de manejo e com os planos diretores, quando existente.

Uma vez definido o uso futuro, o plano de recuperação de uma área minerada, geralmente envolve as seguintes medidas:

1 - Harmonização topográfica e paisagística, procurando a conformação do terreno compatível com a paisagem local. Em geral, os trabalhos envolvem a suavização de taludes e o preenchimento de cavas com material estéril.

2 - Estabilização do solo, podendo ser de natureza física e/ou biológica. A estabilização física envolve o preparo da área, controle de erosão e implementação de sistema de drenagem definitiva, através de valetas, calhas, canaletas, tubulações, dissipadores de energia, etc. O processo biológico constitui no plantio de gramíneas fixadoras do solo, protegendo-a da ação erosiva ocasionada, principalmente, pela ação de águas pluviais.

3 - Melhoramento do solo através da recolocação da camada orgânica anteriormente estocada. Deve haver controle do pH e da salinidade, entre outros parâmetros pedológicos para a correção de nutrientes;

4 - Promover o plantio de arbóreas, para a consolidar o cortinamento vegetal em torno do local minerado, possibilitando assim a formação de corredores ecológicos para o deslocamento da fauna, aumentar a eficiência no controle da erosão e minimizar os impactos causados pelo impacto visual.

Finalmente, após a execução das etapas, é imprescindível a elaboração de um programa de monitoramento para acompanhar a eficiência das ações de recuperação, contemplando o controle da qualidade da água, do ar, do solo e da biodiversidade.

7. DIREITOS MINERÁRIOS

O aproveitamento dos recursos minerais no Brasil é regido pelo Artigo 176 da Constituição Federal, o qual diz que a propriedade dos bens minerais no solo e subsolo pertence à União, e dá o direito de prioridade conforme a precedência de quem venha a se habilitar a uma determinada área. Resultam desse princípio todas as modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais e os demais procedimentos fundamentais para tal.

O Código de Mineração Brasileiro, instituído pelo Decreto Lei No 227, de 28 de setembro de 1967, e, posteriormente, regulamentado através do Decreto lei 4.906, de 12 de junho de 2018, constitui a legislação que detalha os procedimentos e regulamenta as informações e documentos necessários à habilitação, assim como as etapas que devem ser cumpridas e seus prazos; bem como os instrumentos de gestão do patrimônio mineral brasileiro. Tal competência foi delegada à Agência Nacional de Mineração (ANM), antigo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), o qual através da transformação com base na Lei Federal 9.587 de 28 de novembro de 2018 passou a assumir as funções anteriormente desempenhadas pelo citado órgão, sendo encarregada de normatizar e fiscalizar esses procedimentos.

7.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE DIREITOS MINERÁRIOS

O direito à exploração do bem mineral será prioridade do interessado, cujo requerimento para realização de pesquisa, visando à exploração de determinada substância mineral, tenha por objeto área considerada livre para o intuito pretendido na data da protocolização do seu pedido na ANM, tenha atendido aos demais requisitos cabíveis (Alínea “a” do Artigo 11 do Código de Mineração).

Ficam subordinadas à fiscalização direta da ANM, as atividades relativas ao aproveitamento dos recursos minerais. Conforme a lei, constitui dever de pessoas físicas e jurídicas favorecer a inspeção de instalações, equipamentos e sistema de trabalho que exerçam atividades relacionadas ao aproveitamento de bens minerais, incluindo pesquisa, lavra, beneficiamento e consumo. Devendo prover, também, informações sobre volume da produção, características qualitativas dos produtos e das condições técnicas e econômicas da execução dos serviços relacionados; além de dados sobre mercado, preços de venda; quantidade, condições técnicas, econômicas e de destino (uso) (Artigo 13 do Código de Mineração).

Na esfera do Código de Mineração Vigente, são instruídos os processos concernentes a quatro modalidades ou regimes de aproveitamento mineral, e emitidos os títulos de direitos referentes a três desses regimes. A diversidade de substâncias minerais, o grau de dificuldade para aproveitamento, o destino da produção obtida, além de aspectos de caráter social, deu ensejo a que fossem disponibilizadas as modalidades legais, ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais.

Para atender o patrimônio mineral brasileiro, a ANM conta com a sede em Brasília/DF e unidades regionais nos diversos estados da União.

7.2. ASPECTOS LEGAIS

Para o aproveitamento das substâncias minerais no Brasil, o interessado deve cumprir, além das leis próprias exigidas para o exercício de uma atividade econômica, também, legislações minerais e ambientais. Tal atividade é disciplinada pela Constituição Federal, através do Código de Mineração - Decreto Lei nº 227/1967 (Brasil, 1967) e pelas regulamentações posteriores que emanaram na transformação do DNPM, na atual Agência Nacional de Mineração (ANM), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). O exercício da atividade depende também das disposições e regulamentações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

No país, o Código de Mineração contempla os seguintes regimes de aproveitamento de recursos minerais: (I) Regime de licenciamento; (II) Autorização e concessão; (III) Registro de extração e (IV) Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

7.2.1. Licenciamento

Trata-se de um regime alternativo para substâncias de emprego imediato na construção civil, compreendendo, em registro na ANM, da licença expedida pela prefeitura local. Essa categoria define-se por autorizar o direito de aproveitamento mineral exclusivamente ao proprietário ou a quem dele tiver a expressa autorização, dispensando os trabalhos prévios de pesquisa mineral, que permitem estimar as reservas minerais e a sua qualificação. Tal licença é expedida com prazo definido, podendo ser renovada sucessivamente, a critério da autoridade municipal, obedecidos os regulamentos hábeis, inclusive aos disciplinados pelos órgãos ambientais.

O procedimento compreende um sistema de liberação mais rápido e menos oneroso para o minerador, onde o proprietário do solo tem a prerrogativa de decidir pela sorte do empreendimento, cujo requerimento de área pretendida é de no máximo 50 ha. É específico para os minerais de emprego imediato na construção civil, ou seja, areia, cascalho, saibro e pedras britadas e de talhe.

7.2.2. Regime de Autorização e Concessão

Este regime é previsto para todas as substâncias minerais, e nele prevalece o direito de prioridade garantido pelo ato de protocolização do requerimento de pesquisa da área pretendida, independente da autorização do proprietário do terreno. Um Alvará de Pesquisa é outorgado pela ANM permitindo a execução dos trabalhos previstos no Plano de Pesquisa originalmente proposto, juntamente com o requerimento, o qual após aprovação permite a realização da pesquisa para comprovação do potencial econômico da jazida. Caso o requerente não seja o proprietário da área ou não apresente acordo com o mesmo, o processo será enviado pela ANM ao juiz de direito da comarca com jurisdição regional para resolução da pendência jurídica e avaliação de indenização por eventuais prejuízos ao proprietário.

Nessa etapa primária, que tem a duração máxima de três anos, prorrogáveis por mais um ano, o titular do alvará de pesquisa poderá, a critério da ANM, ser autorizado a extrair pequenas quantidades da substância mineral em pesquisa, mediante a outorga de um instrumento conhecido como Guia de Utilização.

Concluída a pesquisa e comprovada a existência de jazida, o titular poderá então requerer ou negociar com terceiros o seu direito à concessão de lavra, objetivando o aproveitamento industrial do minério. Nessa segunda etapa, a ANM exige que o requerimento seja acompanhado de diversos documentos, entre os quais, o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida contendo um conjunto de operações coordenadas para a lavra e o beneficiamento do minério, que aprovado habilita a outorga da Portaria de Lavra. A partir deste momento, obriga-se o minerador a iniciar os trabalhos dentro dos parâmetros propostos e a apresentar, anualmente à ANM, o Relatório Anual de Lavra (RAL) com a descrição das operações realizadas.

Perante a perspectiva da legislação ambiental, a mineração é considerada como atividade potencialmente modificadora do meio ambiente, motivo pelo qual a Portaria de Lavra fica condicionada à apresentação da licença ambiental expedida pelo órgão ambiental estadual.

As licenças, a critério do órgão ambiental, em função da natureza, do porte e da localização do empreendimento, são liberadas após análise e aprovação de proposta apresentada pelo minerador, unificada em um dos seguintes documentos técnicos:

- Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA);

- Estudo Ambiental Simplificado/Relatório Ambiental Preliminar/Estudo de Conformidade Ambiental/Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (EAS/RAP/ECA/PRAD).

Essas licenças têm prazo definido, sendo renováveis conforme a observância das medidas mitigadoras dos impactos ambientais decorrentes das operações. A opção por qualquer um dos regimes de aproveitamento é facultado ao minerador, sendo as diferenças básicas as seguintes: o regime de autorização e concessão aplica-se a qualquer bem mineral permitindo o requerimento de áreas de até 1.000 ha, excluídos petróleo, gás e minerais radioativos. Os minerais metálicos, cujo montante da área a ser requerida pode atingir até 2.000 há, o processo de liberação é mais demorado e rigoroso quanto à instrução e ao acompanhamento técnico, exigindo também um investimento inicial nas fases de pesquisa e comprovação da viabilidade econômica da lavra. Compreende um título de plena segurança jurídica do empreendedor, assegurando o direito de exploração da jazida até à exaustão, desde que cumpridas às formalidades legais, sendo inclusive negociável.

7.2.3. Regimes de Extração e Permissão de Lavra Garimpeira

Consiste num regime de aproveitamento dos recursos minerais para uma imediata aplicabilidade na construção civil, tais como: saibro, rocha para a confecção de brita e paralelo, argila, areia, cascalho, pedra de talhe e material de empréstimo. É utilizado por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, e encontra-se amparado no Parágrafo Único do Artigo 2º do Código de Mineração para uso exclusivo em obras públicas.

Convém salientar que os regimes de Extração e de Permissão de Lavra Garimpeira permitem atender a um público bastante específico, no caso, órgãos governamentais e garimpeiros, respectivamente. Outros usuários, como aqueles interessados em substâncias minerais metálicas, não metálicas de uso industrial, tais como rochas ornamentais, calcários para fins industriais e água mineral, precisam utilizar, obrigatoriamente, o Regime de Autorização e Concessão.

Em todos esses regimes, o objetivo é a obtenção de um título que credencie o empreendedor ao aproveitamento do recurso mineral. No caso do regime de Autorização e Concessão, o documento é emitido, na esfera do Ministério de Minas e Energia. Nos demais casos, na própria ANM. Essas considerações visam orientar os interessados no sentido do regime que lhe for mais conveniente.

7.3. OBRIGAÇÕES FINANCEIRAS

Qualquer pessoa física ou jurídica que atue na pesquisa e lavra de bens minerais fica sujeita ao pagamento de taxas e compensações financeiras, as quais são regulamentadas pela ANM, responsável por emitir os boletos de pagamento.

7.3.1. Emolumentos

A referida taxa refere-se ao pagamento a ser feito durante o ato de requerimento para autorização de pesquisa mineral da área pretendida junto a ANM.

7.3.2. Taxa anual por hectare (TAH)

A TAH é devida pelo titular da autorização de pesquisa, em decorrência da publicação no Diário Oficial da União do título de autorização de pesquisa (Alvará de Pesquisa) e destina-se exclusivamente à atual ANM. Deverá ser paga durante a fase de pesquisa, isto é, antes da entrega do relatório final de pesquisa.

7.3.3. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)

A CFEM é uma contraprestação paga aos municípios, estados e União, pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

Toda e qualquer pessoa, física ou jurídica, que explore substâncias minerais com fins de benefício econômico, deve realizar o recolhimento da CFEM, que é calculada sobre o valor do faturamento líquido, obtido no momento da venda do produto mineral.

Quando não ocorre a venda, porque o produto mineral é consumido, transformado ou utilizado pelo próprio minerador, o valor da CFEM é baseado na soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral.

A referida taxa de contribuição sofreu nova regulamentação através do Decreto Lei No 9.407, de 12 de junho de 2018, e, com base na mesma, as alíquotas a serem pagas a título de royalties pela exploração de bens minerais deverão incidir sobre o faturamento líquido da empresa. Convém frisar, que o percentual definidor do valor da CFEM varia de acordo com a substância mineral.

Conforme a lei que regulamenta a exploração de recursos minerais em nosso país, o recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), nos termos do § 1º art. 20 da Constituição Federal, é tributado com base no valor bruto da produção, sem incidir os custos com a sua industrialização. A tributação incide da seguinte forma:

I – Sobre a primeira saída por venda de bem mineral extraído;

II – Durante ato de arrematação, no caso de bem mineral adquirido em hasta pública;

III - do ato da primeira aquisição de bem mineral extraído sob o regime de permissão de lavra garimpeira;

IV – No ato de negociação para consumo do bem mineral.

De acordo com a legislação atualmente em vigor, os recursos originados da contribuição deverão ser distribuídos da seguinte maneira:

I - 7% para a entidade reguladora do setor de mineração, no caso para a Agência Nacional de Mineração (ANM);

II - 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), instituído pelo Decreto-Lei nº 719, de 31 de julho de 1969, e restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991, destinado ao desenvolvimento científico e tecnológico do setor mineral;

III - 1,8% para o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, criado pela Lei nº 7.677, de 21 de outubro de 1988, para a realização de pesquisas, estudos e projetos de tratamento, beneficiamento e industrialização de bens minerais;

IV - 0,2% para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), para atividades de proteção ambiental em regiões impactadas pela mineração;

V - 15% para o Distrito Federal e os estados onde ocorre as atividades de extração dos bens minerais comercializados;

VI - 60% para o Distrito Federal e os municípios onde ocorre a produção do bem mineral comercializado;

VII - 15% para o Distrito Federal e os municípios quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios, nas seguintes situações:

a) cortados pelas infraestruturas utilizadas para o transporte ferroviário ou duto viário de bens ou substâncias minerais produzidas em áreas vizinhas;

b) afetados pelas operações portuárias, incluindo as de embarque, assim como as de desembarque de substâncias minerais não submetidas a processos de beneficiamento;

c) onde se localizam as pilhas de estéril, as barragens de rejeitos e as instalações de beneficiamento de substâncias minerais, bem como as demais instalações previstas no plano de aproveitamento econômico;

É importante destacar com relação aos recursos originados da CFEM, que não poderão ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos estados, Distrito Federal e dos municípios. As receitas deverão ser aplicadas em projetos que, direta ou indiretamente, sejam revertidos em prol da comunidade local, na forma de melhorias de infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação.

À ANM compete baixar as normas e exercer a fiscalização sobre a arrecadação da CFEM (Lei Nº 8.876/94, art. 3º – inciso IX).

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido para obtenção do valor da CFEM variam de acordo com a substância mineral. A Tabela 7.1 apresenta as alíquotas a serem cobradas de acordo com as substâncias minerais a serem exploradas.

Tabela 7.1 - Alíquotas para fins de incidência da taxa de acordo com as substâncias minerais.

ALÍQUOTA	SUBSTÂNCIA MINERAL
1% (um por cento)	Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais, quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; guias minerais e termais
1,5% (um inteiro e cinco décimos por cento)	Ouro
2% (dois por cento)	Diamante e demais substâncias minerais
3% (três por cento)	Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema
3,5% (três inteiros e cinco décimos por cento)	Ferro

O pagamento da CFEM é realizado mensalmente, até o último dia útil do segundo mês subsequente ao fato gerador, devidamente corrigido. O pagamento é feito em qualquer agência bancária, até a data de vencimento, por meio de boleto bancário emitido no site da ANM. Os estados e municípios recebem os recursos da CFEM, em suas respectivas Contas de Movimento Específico, no sexto dia útil que sucede ao recolhimento por parte das empresas de mineração.

7.4. OS DIREITOS MINERÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS

Para o conhecimento das atividades minerais que se desenvolvem na RMM, utilizou-se o cadastro mineiro

e o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), ambos on-line no site da ANM. Durante a referida consulta, foram selecionadas todas as áreas requeridas para pesquisa, lavra, registro de extração e licenciamento mineral.

Conforme o abaixo exposto, atualmente as áreas oneradas junto a referenciada agência, pleiteadas para pesquisa ou lavra de bens minerais na RMM e adjacências, correspondem a um total de 239 processos, os quais acham-se distribuídos segundo os seguintes regimes:

- Requerimento de Pesquisa (RP): 10 (dez), sendo 03 (três) para areia, 04 (quatro) para argila, 01 (um) de granitoide para brita, 02 (dois) de granitoide para rocha ornamental.

- Autorização de Pesquisa (AP): 98 (noventa e oito), onde 18 (dezoito) são para areia, 39 (trinta e nove) para argila, 31 (trinta e um) de granitoide para brita, 07 (sete) de granitoide para rocha ornamental, 02 (dois) para saibro, 01 (um) para calcário.

- Requerimento de Lavra (RLa): 03 (três), sendo todos os 03 (três) para granitoides para brita.

- Concessão de Lavra (CL): 06 (seis), onde 02 (dois) são para extração de argila, 02 (dois) para granitoide para brita e 02 (dois) para calcário.

- Requerimento de Licenciamento (RLi): 31 (trinta e um), sendo 23 (vinte e três) para extração de areia, 03 (três) para argila, 01 (um) de granitoide para brita, 02 (dois) para cascalho, 02 (dois) para saibro.

- Licenciamento (Li): 87 (oitenta e sete), onde 64 (sessenta e quatro) são para areia, 11 (onze) para argila, 03 (três) para granitoide para brita, 07 (sete) para saibro, 02 (dois) de cascalho.

- Disponibilidade (DP): 04 (quatro), sendo 02 (dois) para areia, 01 (um) para granitoide para brita, (um) para granitoide para rocha ornamental.

No que se refere ao total de processos, a Tabela 7.2 mostra o quantitativo de áreas e as substâncias requeridas por municípios constituintes desta região metropolitana. Na tabela são exibidas, tanto as substâncias com uso na construção, quanto as demais substâncias requeridas junto à ANM na área desse projeto (2019). A Figura 7.1 mostra uma síntese de localização dos principais processos na RMM e adjacências.

Tabela 7.2 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram na ANM, para os municípios da Região Metropolitana de Maceió e adjacências.
 *Consultas dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnprm.gov.br

MUNICÍPIOS	FASE ANM	SUBSTÂNCIAS								TOTAL ÁREAS REQUERIDAS POR FASE (ANM)	
		AREIA	ARGILA	GRANITÓIDE (BRITA)	GRANITÓIDE (ORNAMENTAL)	CALCÁRIO	LATERITA	CASCALHO	SAIBRO		
Maceió	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	1	2	2	1	0	0	0	0	0	6
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	RLi	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	Li	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		3	5	4	1	0	0	0	1	14	
Atalaia	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	2	1	15	2	0	0	0	0	0	20
	RLa	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	Li	9	2	0	0	0	0	0	0	0	11
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		14	3	18	2	0	0	0	0	37	
Barra de Santo Antônio	RP	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	AP	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Li	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		3	6	2	0	0	0	0	0	11	

Tabela 7.2 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram na ANM, para os municípios da Região Metropolitana de Maceió e adjacências. *Consultas dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnrm.gov.br. (continuação)

MUNICÍPIOS	FASE ANM	SUBSTÂNCIAS							TOTAL ÁREAS REQUERIDAS POR FASE (ANM)		
		AREIA	ARGILA	GRANITÓIDE (BRITA)	GRANITÓIDE (ORNAMENTAL)	CALCÁRIO	LATERITA	CASCALHO		SAIBRO	
Barra de São Miguel	RP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	AP	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Li	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		3	5	0	0	0	0	0	0	0	8
Coqueiro Seco	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Li	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Marechal Deodoro	RP	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	AP	4	4	0	0	0	0	0	0	1	9
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4
	Li	17	3	0	0	0	0	0	0	4	24
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		25	9	0	0	0	0	0	0	7	41

Tabela 7.2 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram na ANM, para os municípios da Região Metropolitana de Maceió e adjacências. *Consultas dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnpm.gov.br. (continuação)

MUNICÍPIOS	FASE ANM	SUBSTÂNCIAS								TOTAL ÁREAS REQUERIDAS POR FASE (ANM)
		AREIA	ARGILA	GRANITÓIDE (BRITA)	GRANITÓIDE (ORNAMENTAL)	CALCÁRIO	LATERITA	CASCALHO	SAIBRO	
Messias	RP	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	AP	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Li	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DP	0	0	1	1	0	0	0	0	2
TOTAL		0	1	2	2	0	0	0	0	5
Murici	RP	0	0	1	1	0	0	0	0	2
	AP	0	3	0	1	0	0	0	0	4
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Li	8	2	1	0	0	0	0	0	11
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		9	5	2	2	0	0	0	0	18
Paripueira	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Li	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	1	1

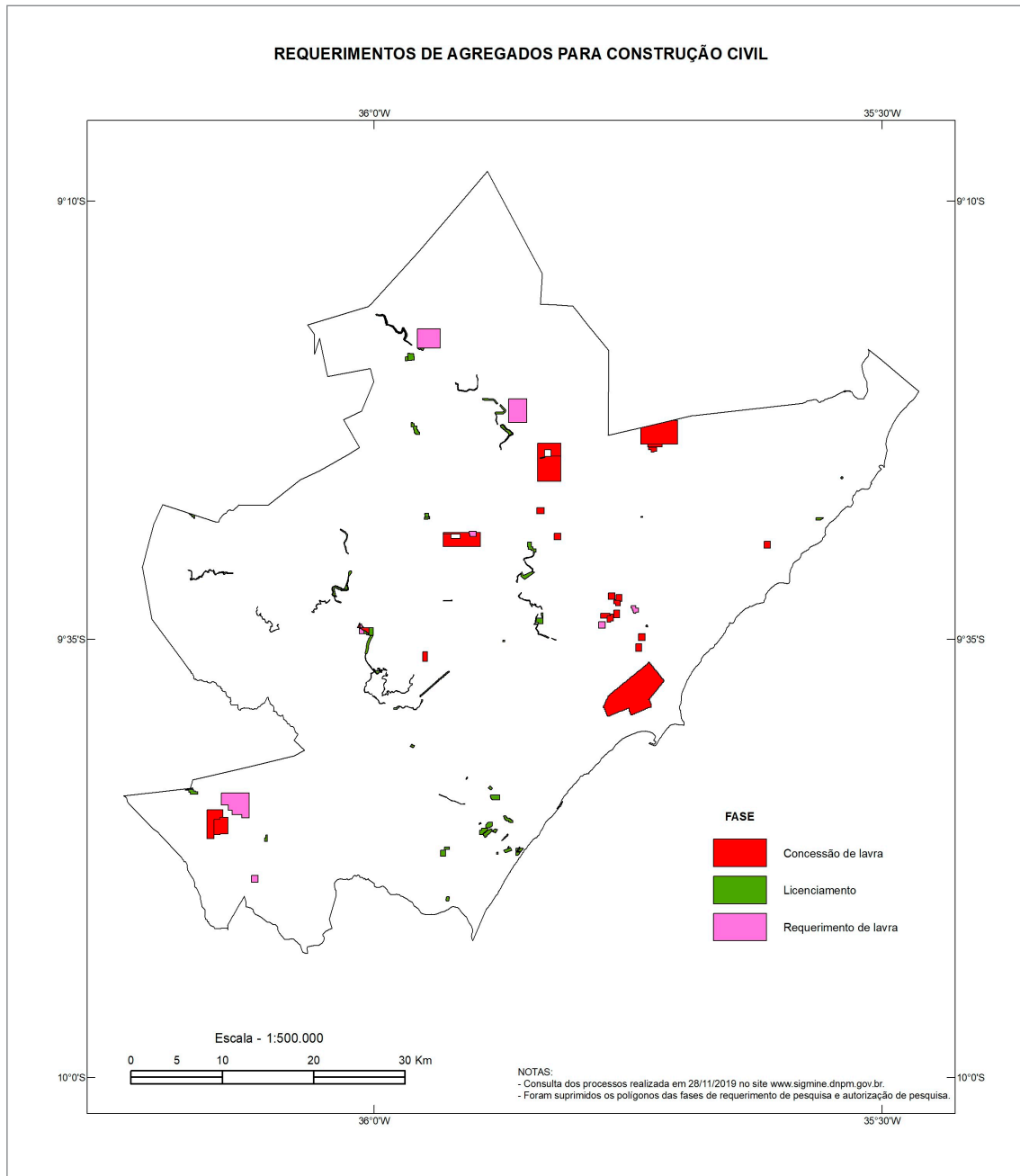
Tabela 7.2 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram na ANM, para os municípios da Região Metropolitana de Maceió e adjacências.
*Consultas dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnprm.gov.br. (continuação)

MUNICÍPIOS	FASE ANM	SUBSTÂNCIAS							TOTAL ÁREAS REQUERIDAS POR FASE (ANM)	
		AREIA	ARGILA	GRANITÓIDE (BRITA)	GRANITÓIDE (ORNAMENTAL)	CALCÁRIO	LATERITA	CASCALHO		SAIBRO
Pilar	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	2	8	8	0	0	0	0	0	19
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Li	12	0	0	0	0	0	0	0	12
TOTAL	DP	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Rio Largo	TOTAL	16	8	8	0	0	0	0	0	33
	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	2	4	5	3	0	0	0	0	14
	RLa	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	4	0	0	0	0	0	0	0	4
TOTAL	Li	9	0	0	0	0	0	0	0	9
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	15	4	6	3	0	0	0	0	28
	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	1	1	0	0	0	0	0	0	2
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santa Luzia do Norte	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	6	0	0	0	0	0	0	0	6
	Li	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	8	1	0	0	0	0	0	0	9

Tabela 7.2 - Quantitativo de substâncias, número de áreas requeridas e fase em que se encontram na ANM, para os municípios da Região Metropolitana de Maceió e adjacências.
 *Consultas dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnprm.gov.br. (continuação)

MUNICÍPIOS	FASE ANM	SUBSTÂNCIAS								TOTAL ÁREAS REQUERIDAS POR FASE (ANM)	
		AREIA	ARGILA	GRANITÓIDE (BRITA)	GRANITÓIDE (ORNAMENTAL)	CALCÁRIO	LATERITA	CASCALHO	SAIBRO		
Satuba	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RLi	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	Li	6	1	0	0	0	0	0	0	1	8
	DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		10	1	0	0	0	0	0	0	1	12
São Miguel dos Campos	RP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AP	0	6	0	0	1	0	0	0	0	7
	RLa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CL	0	2	0	0	2	0	0	0	0	4
	RLi	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	Li	1	1	0	0	0	0	2	0	0	4
	DP	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL		1	10	0	0	3	0	4	0	4	18

Figura 7.1 - Disposição das principais fases de processo da ANM na RMM e adjacências. (*Consulta dos processos realizada em 28/11/2019 no site www.sigmine.dnrm.gov.br)



8. ASPECTOS ECONÔMICOS

Tendo em vista a relevante contribuição socioeconômica que o setor de matérias-primas minerais para construção civil proporciona a sociedade, é imperiosa a realização de estudos no que toca os aspectos econômicos deste setor no cenário atual. A divulgação dos dados gerados pela pesquisa realizada no Projeto Insumos para a Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió e Adjacências, visa estimular o desenvolvimento da economia mineral dessa região, uma vez que, o estudo poderá ser utilizado pelos setores público e privado no momento de estabelecerem prioridades nos respectivos planejamentos estratégicos. Neste contexto, torna-se indispensável uma análise, embora sucinta, do cenário atual da indústria de matérias para construção, relativa aos setores: agregados para construção civil (areia, brita), argila para cerâmica vermelha, calcário para produção de cimento, cimento e material de empréstimo, que foram identificados como principais bens minerais pertencentes ao setor de construção civil participantes da economia mineral da RMM e adjacências.

Foi constatado, no decorrer da pesquisa, que a atividade relacionada ao setor mineral na RMM funciona, também, como uma importante fonte geradora de emprego e renda, tanto para o segmento da pequena produção, quanto para o setor de médio a grande produção. Nos dois últimos casos, por exemplo, há uma empresa de médio e outra de grande porte, produtoras de cimento, que estão instaladas na grande Maceió, a Cimento Zumbi e o Intercement Brasil, respectivamente.

8.1. MERCADO

8.1.1. Agregados para construção civil (areia e brita)

O consumo de agregados é um importante indicador do perfil socioeconômico de desenvolvimento de um país, estado ou região metropolitana (SILVA, 2012). O setor de agregados para a construção civil possui a parcela de insumos minerais mais consumidos e, conseqüentemente, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo.

De acordo com dados da Anepac (2015), o setor de agregados para construção civil apresentou, em 2014, uma demanda da ordem de 740 milhões de toneladas de brita e areia. Em relação a 2013, mantendo-se estável. A oferta foi gerada por 3.100 empresas produtoras. O consumo per capita foi de 3,7 toneladas/habitante/ano (Tabela 8.1).

A demanda x população brasileira por agregados minerais é variável, de acordo com as regiões geográficas (Tabela 8.2).

O consumo per capita varia grandemente com as regiões do Brasil (em tonelada/habitante/ano), sendo: Nordeste com 2,7; Norte com 3,1; Sul e Sudeste com 4,1; e o Centro-Oeste com 4,5. Quando se compara esses números com diferentes países e regiões do mundo, constata-se que o mercado brasileiro de agregados apresenta uma considerável demanda reprimida por agregados minerais. Quando se compara o consumo per capita do Brasil com

Tabela 8.1 - Dimensão das Indústrias de agregados no Brasil em 2014.

Fonte: ANEPAC, 2015. Nota: * Valor bruto posto consumidor

ITEM	AREIA	BRITA	TOTAL
Produção (milhões de toneladas)	439	302	741
Per capita	2,2	1,5	3,7
Número de empresas	2.500	600	3.100
Investimentos (R\$ milhões)	-	-	700
Empregos diretos	49.000	26.000	75.000
Capacidade instalada (toneladas/ano)	-	-	850
Valor da produção * (R\$ bilhão)	-	-	19

Tabela 8.2 - Variações de demandas regionais por agregados minerais no Brasil em 2014. Fonte: ANEPAC, 2015.

REGIÃO DO BRASIL	POPULAÇÃO (EM MILHÕES)	CONSUMO (EM MILHÕES DE TONELADAS)
Norte	17,1	52
Nordeste	56,3	154,1
Centro-Oeste	15,1	67,5
Sudeste	85,3	347
Sul	29,1	119,4

o resto do mundo, constata-se que o país possui considerável demanda reprimida de agregados para construção civil, por exemplo, o consumo per capita nacional está em 3,7 (em tonelada/habitante/ano), enquanto que na comunidade europeia a média é de 5,2, nos EUA é 9, na China 12 e na Finlândia 17. Tendo em vista as perspectivas otimistas de investimentos em infraestrutura e desenvolvimento urbano para o Brasil nos próximos anos, acredita-se que no futuro próximo o país irá ampliar sua média de consumo per capita nacional.

8.1.2. Argila para cerâmica vermelha

Os produtos que compõem o setor de cerâmica vermelha, também conhecida como cerâmica estrutural, engloba diversos materiais que são frequentemente utilizados na construção civil, como blocos, telhas, tijolos maciços, tubos para saneamento, elementos de enchimentos (laje), green wall, elementos vazados e também argila expandida. Além disso, estão presentes em itens de uso doméstico, como filtros e painéis de barro. Possui a nomenclatura “vermelha” devido à presença de compostos ferrosos que desenvolvem coloração avermelhada (SEBRAE, 2016).

Este seguimento no Brasil representa 4,8% da indústria da construção civil. A indústria de cerâmica vermelha, com seus 4 bilhões de blocos de vedação e estruturais e 1,3 bilhão de telhas produzidos mensalmente, gera 300 mil empregos diretos e 900 mil indiretos nas suas 7.400 empresas (maioria de pequeno porte) que compõem o setor (MME, 2019).

A indústria de cerâmica vermelha emprega como combustíveis, principalmente, a lenha e resíduos de madeira (40%): cavaco, serragem, briquetes e outros resíduos. A sustentabilidade energética implica em um aumento no uso de lenha de reflorestamento. Isso pode gerar um excedente de biomassa para comercialização de madeira. Contudo, o uso de resíduos do agronegócio para a queima das peças, como casca de arroz e bagaço de cana, tem sido utilizado como estratégia das empresas que desejam buscar certificação.

Considerando os diversos produtos do setor de cerâmica vermelha, o Brasil figura como o principal fornecedor de materiais para alvenarias e coberturas para uso residencial e comercial. Basicamente, a argila comum é utilizada como principal fonte de matéria-prima. A partir da produção estimada de 63,6 bilhões de peças/ano de cerâmica, considerando a massa média de 2,0 kg/peça, pode-se estimar a utilização de aproximadamente 140 milhões toneladas de argila por ano (MME, 2019).

Vale destacar que, no Brasil, a maior parte da cerâmica vermelha é produzida por empresas de pequeno e médio porte. Atendendo a construção civil em geral, as empresas encontram-se distribuídas por todo o país e estão localizadas nas regiões onde há maior disponibilidade de matéria-prima e proximidade dos mercados consumidores.

8.1.3. Produção de cimento e calcário

Em 2018, a produção mundial de cimento totalizou 4,1 bilhões de toneladas. O Brasil figurou na 11ª posição com participação de 1,3%, sendo a China destacadamente líder na produção com 2,4 bilhões de toneladas (58,7%), seguida da Índia com 290 milhões de toneladas (7,2%) (USGS: MINERAL COMMODITY SUMMARIES, 2019). O mercado mundial de cimento movimenta cerca de US\$ 250 bilhões de dólares/ano, sem contar com a China, que responde por mais da metade da produção e do consumo mundial, sendo abastecida, praticamente, por empresas locais e, entre elas, alguns dos maiores produtores de cimento do mundo, a gigante estatal chinesa a China National Building Material (CNBM). A participação dos principais países na produção mundial de cimento é mostrada na Figura 8.1.

O nível de utilização de capacidade instalada (100 Mt) da indústria cimenteira brasileira, em 2018, foi de 53%, com produção de 53 Mt, praticamente igual a do ano anterior. Esse número representa uma redução da ordem de 19% em relação ao período 2015-2018, refletido pelo fraco desempenho da construção civil (MME, 2019). A indústria brasileira de cimento operou com 24 grupos nacionais e estrangeiros e 100 fábricas (os grupos nacionais participaram com mais de 50% do mercado), gerando 23 mil empregos diretos no referido ano.

A Região Sudeste, com a maior concentração de fábricas de cimento, foi responsável por aproximadamente 47,7% das vendas de cimento no país em 2019, seguida pelas Regiões Nordeste (20,2%) e Sul (16,5%) (Figura 8.2).

O mercado de cimento é regionalizado e distribuído por todo o território nacional, apresentando preços de comercialização diferenciados nas diversas regiões dos principais centros produtores, isso ocorre, principalmente, por conta dos custos de transporte que influenciam fortemente o preço final.

Na Grande Maceió há duas empresas envolvidas na produção de cimento, que representam cerca de 70 % da capacidade produtiva anual do estado de Alagoas (dados de 2019), são elas:

- Intercement Brasil, pertencente ao Grupo Camargo Corrêa, cuja capacidade instalada é 1.000.000 t (um milhão de toneladas) de cimento por ano, com jazida de calcário própria e vida útil de 17 anos, estimada em 2019.

- Cimento Zumbi, pertencente a Carlos Eugênio Silva, possui capacidade instalada de 500.000 t (quinhentas mil toneladas) de cimento por ano e, diferente da Intercement Brasil, não possui jazida própria de calcário (o calcário é proveniente do estado de Sergipe).

Calcário

Do início até o acabamento final de uma obra de construção civil há emprego do cimento, sendo um dos principais componentes na obtenção do concreto (mistura de cimento, água, brita e areia). Na composição do cimento há alguns componentes importantes, entre estes está o calcário.

Na produção de uma tonelada de cimento, tipicamente, é necessário o emprego de 1,4 t de calcário, 100-300 kg de argila e 30-40 kg de gipsita. Nos últimos anos, tem havido o emprego de escórias siderúrgicas de alto-forno, o chamado clínquer siderúrgico, que vem sendo empregado

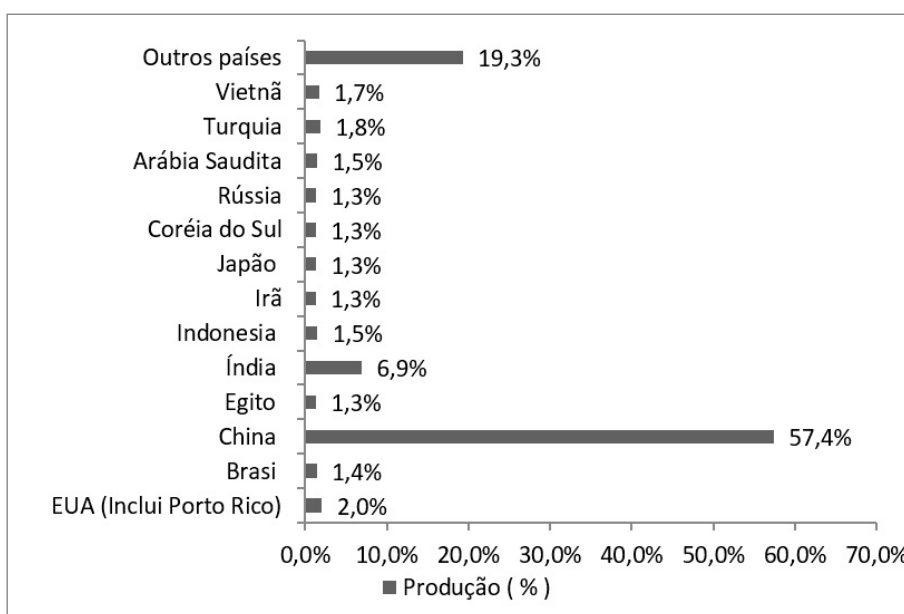


Figura 8.1 - Participação dos principais países na produção mundial de cimento. Fonte: USGS: Mineral Commodity Summaries, 2019.

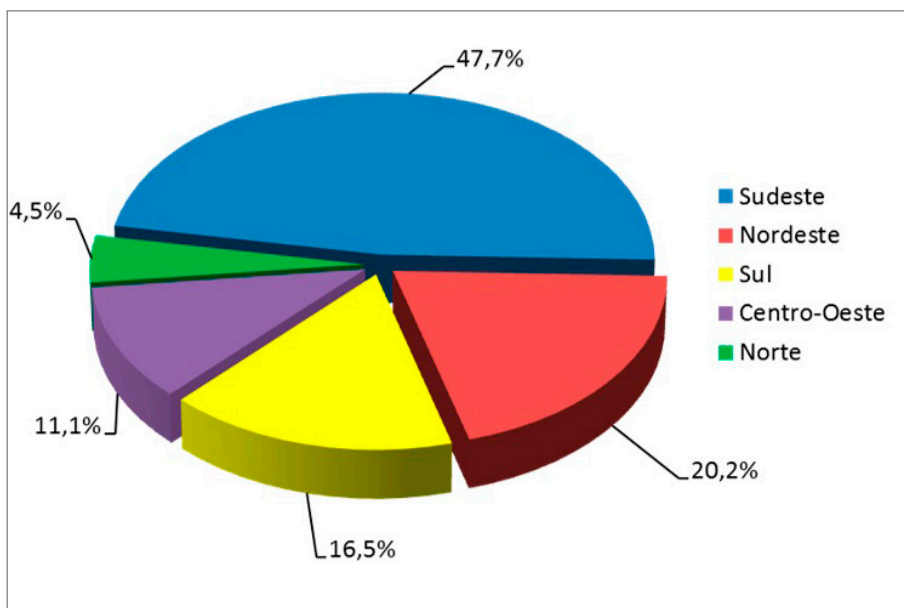


Figura 8.2 - Vendas de cimento por região do Brasil. Fonte: SNIC, 2019a.

para dar maior qualidade ao cimento, em termos de resistência e impermeabilidade, e outros resíduos industriais, substituindo parcialmente as matérias-primas minerais usadas como aditivos. Assim, na produção de uma tonelada de clínquer, utiliza-se cerca de 1,3 t de calcário. Dessa forma, para a fabricação do cimento é necessário 0,68 t de clínquer, ou seja, cada tonelada de cimento produzido corresponde ao uso de 884 kg de calcário (MME, 2019).

8.1.4. Material de empréstimo

Os materiais de características terrosas são obtidos em diferentes locais, em algumas situações estão nas proximidades das obras, em outras estão localizados a distâncias consideráveis. As áreas onde ocorrem explorações desse bem mineral são conhecidas pela denominação de área de empréstimo ou caixa de empréstimo. Como são muito utilizados na construção de leitos de estradas, aterros, eventualmente entram como insumos em obra de infraestrutura e nas edificações, a produção torna-se muito variável ao longo tempo, isto é, intensifica-se quando há obras de infraestrutura de estradas de rodagem em andamento, sendo quase inexistente nos outros períodos. A consequência desse fato reflete-se na falta de estatísticas sobre a produção e o consumo dos mesmos.

8.2. ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO PARA OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, SELECIONADOS, MOVIMENTADOS NA RMM E ADJACÊNCIAS

Na Grande Maceió existem seis empresas produtoras de agregado graúdo (brita), que são responsáveis pelo suprimento da demanda da Região Metropolitana de Maceió, são elas: Pedreira Monteiro - Atalaia/AL, Pedreira Brita Forte - Murici/AL, Pedreira Incred - Rio Largo/AL, Pedreira Britex - Rio Largo/AL, Pedreira Atalaia - Atalaia/AL e UBA Mineração - Maceió/AL.

Os calcários calcíticos, com jazida de origem metamórfica localizada na Grande Maceió, fornecem matéria-prima para a fabricação de cal (calcário calcítico) e fabricação de 66 % do cimento produzido. Há décadas a região litorânea da RMM foi escolhida por ter solo rico em calcário e por sua localização estratégica.

Na RMM há apenas uma empresa produtora de cerâmica vermelha (tijolo), assim, boa parte da produção consumida de tijolos é proveniente de regiões fora da Grande Maceió, porém dentro do estado de Alagoas. O suprimento da demanda por telhas é proveniente do estado de Sergipe.

As areias para construção civil e matérias de empréstimo são produzidas dentro dos limites da RMM. Há também considerável comércio de rochas para usos ornamentais (quartzitos e granitos), no entanto, toda produção é proveniente de fora dos seus limites. Contudo,

constatou-se que todos os recursos disponíveis e/ou em estágio de exploração são suficientes para garantir o suprimento necessário para o desenvolvimento de obras de infraestrutura rodoviária e de construção civil da região.

8.3. ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO

Conforme informações coletadas nas pesquisas de campo, no decorrer do Projeto Insumos para a Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió e Adjacências, os dados de produção de brita, areia e argila para cerâmica vermelha revelaram os parâmetros mostrados nas Tabelas 8.3, 8.4 e 8.5, respectivamente. Vale destacar que foram utilizados dados de produção além do limite da RMM (até 50 km do limite metropolitano), considerando que essa produção tinha como destino a Grande Maceió.

Com base nas áreas em atividade na Grande Maceió, foram realizadas estimativas sobre a produção de materiais de empréstimo. O volume de produção destes materiais foi estimado em 550.000 toneladas/ano (massa específica adotada de 1,60 t/m³). É importante salientar que o volume de produção varia grandemente com o período de execução de obras de urbanização e infraestrutura rodoviária.

8.4. RECURSOS HUMANOS

Considerando os setores produtivos destinados ao fornecimento de matérias de construção para RMM, tais como: areia, brita, calcário, argila e materiais de empréstimo, os recursos humanos envolvidos diretamente nas atividades, totalizam cerca de 815 pessoas (empregos diretos), sendo 170 pessoas na produção de brita, 65 na produção de areia, 560 na produção de argila (majoritariamente fora da RMM) e 20 envolvidos na atividade produtiva de materiais de empréstimo. O setor de cimento e calcário calcítico contribui com a geração de mais de 360 empregos diretos, sem contar com os empregos indiretos que não foram estimados.

8.5. CONSUMO E PREÇOS PRATICADOS NA COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS NA RMM E ADJACÊNCIAS

O consumo de matérias-primas minerais para construção civil (no caso da RMM, rocha para brita, areia, argila para cerâmica vermelha e materiais de empréstimo) coincide com o próprio quantitativo produzido, pois não existe comércio exterior dessas substâncias, ou seja, tudo que é produzido é consumido dentro da própria região. Nestes termos, o conceito de consumo destes bens minerais fica melhor definido como “produção consumida” (SILVA, 2012). Os dados de produção consumida desses bens minerais na RMM, em 2018, são sintetizados na Tabela 8.6.

Tabela 8.3 - Parâmetros da produção estimados na obtenção de brita na RMM e adjacências (ano-base 2018).
Fonte: Elaborado por Gustavo Alexandre Silva, 2019.

PRINCIPAIS PRODUTOS COMERCIALIZADOS	UTILIZAÇÃO MÉDIA DAS INSTALAÇÕES DE BENEFICIAMENTO (%)	PRODUTIVIDADE MÉDIA (M ³ / HOMEM /MÊS)	PRODUÇÃO ESTIMADA COMERCIALIZADA PELAS EMPRESAS (EM TONELADAS)
Brita " 00 " = 12,5 mm ou ½";	56	667	2.176.213
Brita " 01 " = 19 mm ou-3/4" a + 3/8";			
Brita " 02 " = brita 25 mm ou-1 e +3/4";			
Brita " 03 " = brita 38 mm ou-11/2" e +1";			
Pó de pedra-3/16";			
Cascalhinho-3/8" e +3/16"; e			
Brita graduada simples (BGS).			

Tabela 8.4 - Parâmetros da produção na obtenção de areia na RMM e adjacências (ano-base 2018).
Fonte: Elaborado por Gustavo Alexandre Silva, 2019.

PRINCIPAIS PRODUTOS COMERCIALIZADOS	PORTE DAS ÁREAS PRODUTORAS	PRODUTIVIDADE MÉDIA (M ³ / HOMEM /MÊS)	PRODUÇÃO ESTIMADA COMERCIALIZADA PELAS EMPRESAS(EM TONELADAS)
Areias provenientes de depósitos aluvionares (rios) e de depósitos de cobertura (coberturas):	Os areais (nos rios e nos depósitos de cobertura) possuem produções que variam entre 110 e 400m ³ por dia.	1.573	2.478.620
Tamanhos Nominais:			
areia fina:- 2,0 +1,2 mm areia média:-1,2 +0,42 mm			

Tabela 8.5 - Parâmetros da produção na obtenção de cerâmica vermelha na RMM (ano-base 2018).
Fonte: Elaborado por Gustavo Alexandre Silva, 2019.

PRINCIPAIS PRODUTOS COMERCIALIZADOS	UTILIZAÇÃO MÉDIA DA CAPACIDADE INSTALADA (%)	PRODUTIVIDADE MÉDIA (M ³ / HOMEM /MÊS)	PRODUÇÃO ESTIMADA COMERCIALIZADA PELAS EMPRESAS (EM MILHEIROS/ ANO)
Tijolos e lajotas	50	21	163.076

Tabela 8.6 - Produção consumida de matérias-primas minerais na RMM (ano-base 2018).

Fonte: Elaborado por Gustavo Alexandre Silva, 2019.

MATÉRIA-PRIMA MINERAL	PRODUÇÃO CONSUMIDA (EM TONELADAS)	CONSUMO PER CAPITA (TONELADAS / HABITANTE/ANO)
Brita	2.176.213	1,64
Areia	2.478.620	1,87
Argila (cerâmica vermelha)	391.382	0,29
Material de empréstimo	550.000	0,41

Como se observa na Tabela 8.1, o consumo per capita de agregados para construção civil (areia e brita) ficou abaixo do nacional que está em 3,7 (em tonelada/habitante/ano), e se comprado com comunidade europeia que possui média de 5,2 e os EUA 7,3, percebe-se que há uma grande demanda reprimida por esses bens minerais.

8.5.1. Preços praticados na comercialização dos produtos na RMM

Os preços médios das principais matérias de construção, tais como, brita, areia cimento e cerâmica vermelha (tijolo e lajota), negociados em 2018, nos principais segmentos de consumo, foram:

Brita

- Preço médio nas pedreiras (brita "01", "02", "03", "04" "05"): R\$ 50,00/tonelada;
- BGS (brita graduada simples) = R\$ 48,00/ tonelada;
- Bica corrida (não classificada) = R\$ 46,00/ tonelada.
- Preço médio nas casas de construção: no varejo a comercialização possui diferenciação de preço de acordo com a especificidade de cada produto, por exemplo, a brita (0 ou 3/4) tem preço médio de R\$ 60,00/ tonelada.

Areia

- Preço médio nas frentes de lavra: R\$ 15-20 /tonelada;
- O preço médio nas casas de construção: no varejo é semelhante ao comércio de brita, porém, ocorre a diferenciação de preços de acordo com a especificidade da areia. Assim, o preço da areia, apresentou variação entre R\$ 30,00/tonelada e R\$ 40,00/tonelada.

Cimento (tipo: CP-32 II, saco com 50kg)

- O preço médio no comércio da RMM ficou entre R\$ 22,50/saco e R\$ 25,00/saco.

Tijolo

- Preço médio nas olarias nas proximidades da RMM = R\$ 350,00 /milheiro;
- Olarias até 70 km de distância da RMM = R\$ 370,00/ milheiro, e preço de frete médio de R\$ 40,00/milheiro;
- Preço médio nas casas de construção = R\$ 410,00 /milheiro - R\$ 420,00/milheiro.
- O preço médio do frete no transporte de tijolos/ lajotas é de: R\$ 40,00/milheiro.

Telhas (produzidas em Sergipe)

- Preço varia entre as casas de construção da RMM, preço médio: R\$ 510,00/milheiro.

Materiais de empréstimo

- Preço médio de R\$ 15,00/tonelada.

Quando o transporte do material é realizado para distâncias menores que 15 km, na maioria dos casos, o preço de R\$ 15,00/tonelada já inclui o valor do frete. Para distâncias maiores, o valor é negociado.

8.6. PERSPECTIVAS ECONÔMICAS

Após oito trimestres consecutivos de queda, apenas no primeiro trimestre de 2017 o Brasil voltou a registrar uma alta no Produto Interno Bruto (PIB), o que tecnicamente significou a saída do Brasil da pior recessão de sua história, mesmo que de forma morosa (Figura 8.3). No entanto, só em outubro de 2017 é que o Comitê de Datação de Ciclos Econômicos (CODACE) identificou que o período de retração havia acabado e que o país iniciava a lenta recuperação de sua economia (NEXOS, 2018).

Após sair da recessão técnica, a economia brasileira inicia, em 2017, um processo lento de recuperação. Em 2019, com as reformas estruturais (reforma da previdência, tributárias, etc.) no radar do mercado financeiro e empresarial, as tensões comerciais entre os Estados Unidos e a China, além do receio sobre a ameaça de ressecção global, contribuíram para manutenção do estágio de "inércia econômica" que o país vem passando.

Após a queda de 0,2% do PIB no primeiro trimestre de 2019, houve recuperação de 0,4 % no trimestre seguinte (comparado ao primeiro, na série com ajuste sazonal). No acumulado dos quatro trimestres terminados em junho de 2019, o PIB brasileiro alcançou 1,0%, comparado aos quatro trimestres imediatamente anteriores (IBGE, 2019a). No 3º trimestre de 2019 (comparado ao primeiro), houve crescimento de 0,6% no PIB brasileiro. No acumulado, em quatro trimestres terminados no 3º trimestre de 2019, o PIB registrou crescimento de 1,1%,

frente aos quatro trimestres imediatamente anteriores (IBGE, 2019b). No que toca o desempenho do PIB frente ao 3º trimestre (trimestre/trimestre imediatamente anterior, com ajuste sazonal), na série com ajuste sazonal, houve alta de 0,5% no 4º trimestre (Figura 8.3).

Neste contexto, o crescimento da economia (medido pela variação do Produto Interno Bruto-PIB) e, por conseguinte o crescimento do setor da construção civil (por exemplo: Taxa Real de Crescimento da Construção Civil, a.a.%), de um país ou região/estado, pode ser definido como “variáveis proxy” do crescimento do consumo de matérias-primas minerais utilizadas no setor de construção civil, uma vez que possuem demanda derivada desse setor.

Como exemplo da relação entre crescimento econômico e social de uma região e o consumo de alguns materiais de construção civil, a tabela 8.7 mostra um histórico (1995 – 2016) de consumo aparente per capita de alguns materiais selecionados (onde estão inseridos os materiais

de construção civil) no Brasil, e a tabela 8.8 a evolução dos indicadores socioeconômicos do país no mesmo período. De acordo com a Tabela 8.7, o consumo dos materiais revela correspondência com o crescimento do PIB per capita, apresentado na Tabela 8.8, além de outros indicadores socioeconômicos (IDH e salário mínimo), que se relacionam direta ou indiretamente com o consumo em geral e com o padrão de vida da população. As séries históricas mostram uma melhoria gradativa dos indicadores, com exceção dos últimos dois anos, impactado pela crise econômica (MME, 2017).

8.6.1. Indústria da construção civil

Houve evolução real da indústria da construção civil, dividida em três momentos distintos, no período de 2007 a 2015. O primeiro período foi a expansão forte e consistente de 2007 a 2011; o segundo de desaceleração no

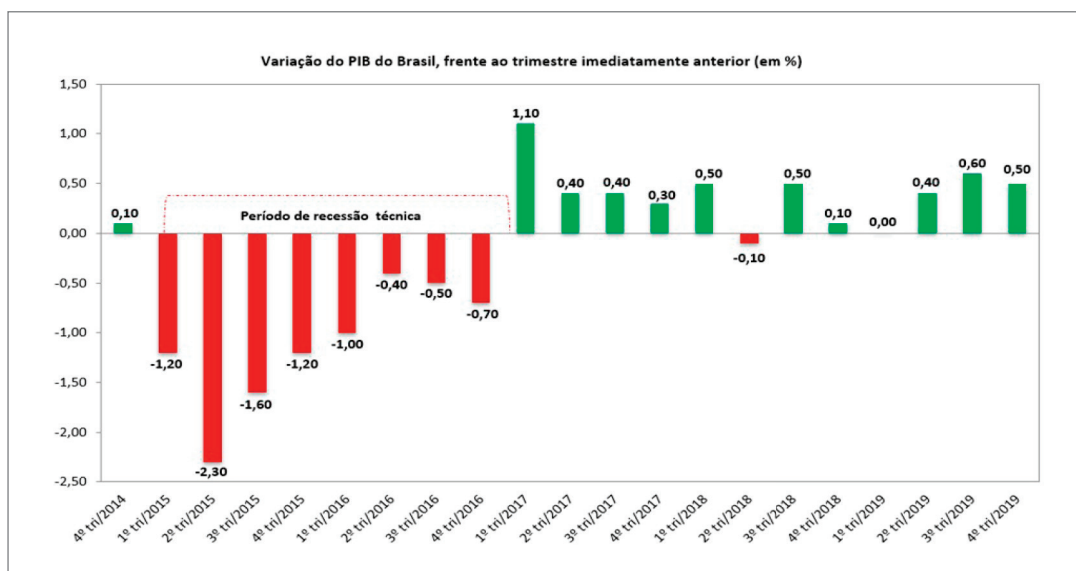


Figura 8.3 - Variação do PIB do Brasil, frente ao trimestre imediatamente anterior (4º tri/2014 – 3º tri 2019), identificação dos trimestres de recessão técnica. Fonte: IBGE, 2019b.

Tabela 8.7 - Consumo aparente per capita de alguns produtos de transformação de não metálicos no Brasil (incluído materiais de construção civil). Fontes: MME, 2016; MME, 2017. Nota: *Vidro plano; (1) blocos/tijolos = 75% e telhas 25%; (2) pisos = 68%, parede=19%,porcelanato=10%, fachada (m²)=15kg

ITEM	1995	2000	2013	2014	2015	2016
Cimento (kg/hab.)	179	233	353	353	321	280
Cerâmica vermelha (peças/hab) ¹	145	176	354	n.d.	260	250
Cerâmica revestimento (m ² /hab) ²	1,6	2,3	4,2	4,3	4,1	3,4
Vidro (kg/hab.)	10,5	11,4	n.d.	n.d.	8,75*	7,66*
Cal (kg/hab.)	37	37	42,1	39,9	39	39
Gesso (kg/hab.)	8,5	9	22,1	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela 8.8 - Indicadores socioeconômicos do Brasil. Fontes: MME, 2016; MME, 2017.

Nota: (1) Índice de Desenvolvimento Humano - IDH: o valor 1 é o desenvolvimento máximo.

ITEM	1995	2000	2013	2014	2015	2016
População (106)	154,5	169,8	201,1	202,8	204,5	206,1
PIB per capita (U\$2016/hab.)	11.883	13.127	16.000	16.699	15.934	15.241
IDH ¹	0,6	0,7	0,744	n.d.	n.d.	n.d.
Salário mínimo real (R\$ maio/2016)	432,1	457,1	859	864,8	865,4	880

biênio 2012-2013; e o terceiro, de recuo a partir de 2014. O primeiro e o segundo períodos, 2007-2013, refletem, em especial, o impacto das melhoras das condições nos mercados de trabalho e de crédito, em cenário de aumento da confiança dos agentes econômicos. Contudo, a partir de 2014 o segmento passou a repercutir o ambiente de desaceleração da atividade econômica do país (MME, 2019). Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (CBIC, 2019) mostram que, a partir de 2015, a participação da construção civil no valor adicionado ao PIB do Brasil sofreu declínios mais acentuados, ou seja, a participação que era de 5,7% em 2015, passou a 5,1% em 2016; 4,3% em 2017 e 3,8% em 2018 (Figura 8.4). Com o PIB da construção positivo em 2019, o setor encerra a série de queda apresentada no período de 2014 – 2017, onde a retração no setor foi de 30%. Contudo, ao se analisar a curva referente à taxa real de crescimento do setor, entre o final de 2018 e o ano de 2019, observa-se que há inversão da curva, indicando melhora do setor. Em 2019, por exemplo, o setor apresentou crescimento de 2%.

No que toca a indústria cimenteira, de acordo com dados preliminares do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2019a), em 2019 as vendas de cimento no Brasil totalizaram 54,5 milhões de toneladas, isto significa um aumento de 3,5% em relação a 2018. Mesmo com este resultado positivo, o setor acumulou quatro anos consecutivos de queda e ainda opera com capacidade ociosa de aproximadamente 45%. A Figura 8.5 mostra a evolução das vendas de cimento no período de 2005 – 2019.

O incremento observado no biênio 2018-2019 não foi homogêneo em todas as regiões e estados. Na Região Norte, por exemplo, as vendas tiveram mais um ano de queda, 1,6% a menos em relação ao ano de 2018, ocorrida, principalmente, pelo deslocamento da produção localizada nessa região para o Nordeste e Centro-Oeste. Já as vendas no Sudeste apresentaram crescimento de 3,6%, provocado pelo melhor desempenho de São Paulo, que tem 50% de seu consumo com origem em outros estados, principalmente Minas Gerais. No que toca o consumo aparente de cimento, que corresponde às vendas internas somadas as importações, no ano de 2019, o crescimento foi de 3,3% (SNIC, 2019a).

Dados do SNIC, referentes ao primeiro mês de 2020 (SNIC, 2020), mostraram que o consumo aparente de cimento (vendas no mercado interno + importações) totalizou 4,5 milhões de toneladas no primeiro mês de 2020. O resultado representa uma queda de 1,3% em relação a janeiro de 2019. O resultado foi puxado pelo baixo desempenho das Regiões Norte, com queda de 4,8%, e Sudeste, retração de 3,2%, causado, principalmente, pelas fortes chuvas que atingiram ambas as regiões no período, com destaque para Minas Gerais, maior produtor de cimento no país. Neste período (Jan/19 – Jan/2020), a Região Nordeste foi a que apresentou melhor desempenho, com alta de 2,4%.

No que toca o setor de agregados para construção civil (areia e brita), de acordo com análise da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC, 2019), após a produção nacional experimentar um crescimento médio considerável de 6,2% ao ano (Compound Average Growth Rate - CAGR) no período de 2000 a 2014, o setor de agregados apresentou retração de aproximadamente 30% em 2015, com um volume estimado de 519 milhões de toneladas (como base no período compreendido entre janeiro e outubro e projetado para o ano). Isto representou, provavelmente, a pior redução, em base anual, já observada no histórico do setor. O recuo na produção de agregados foi tão forte que fez como a produção anual retornasse ao nível de 2008. Para o período de 2016 a 2019, foi estimado um recuo da ordem de 5% em relação a 2015, caindo para 493 milhões de toneladas, mantendo-se no mesmo nível de 2017, aumento de 3% em 2018 e 7% em 2019, respectivamente, atingindo 543 milhões de toneladas em 2019 (ANEPAC, 2019).

Quanto à indústria de cerâmica vermelha (tijolos, blocos e telhas de cerâmica vermelha), a demanda por argila é majoritariamente derivada dessa indústria. Tendo em vista, que a indústria de cerâmica vermelha pertence ao o setor da construção civil, o comportamento desses setores geralmente ocorre concomitante, assim as perspectivas são semelhantes para os próximos anos, bem como para o setor de agregados para construção civil (areia e brita), guardadas as devidas proporções e particularidades de cada setor.

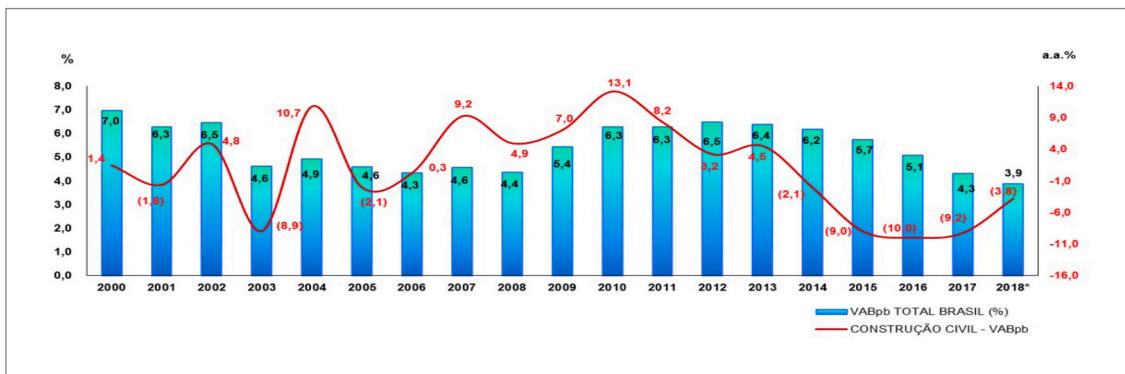


Figura 8.4 - Participação do VABpb da Construção Civil no VABpb Brasil (%) e Taxa Real de Crescimento da Construção Civil (a.a.%).
 Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. Elaboração: Banco de Dados-CBIC (CBIC, 2019).
 (*) Dados de 2018 referem-se às Contas Nacionais Trimestrais 3º Trim./2019.

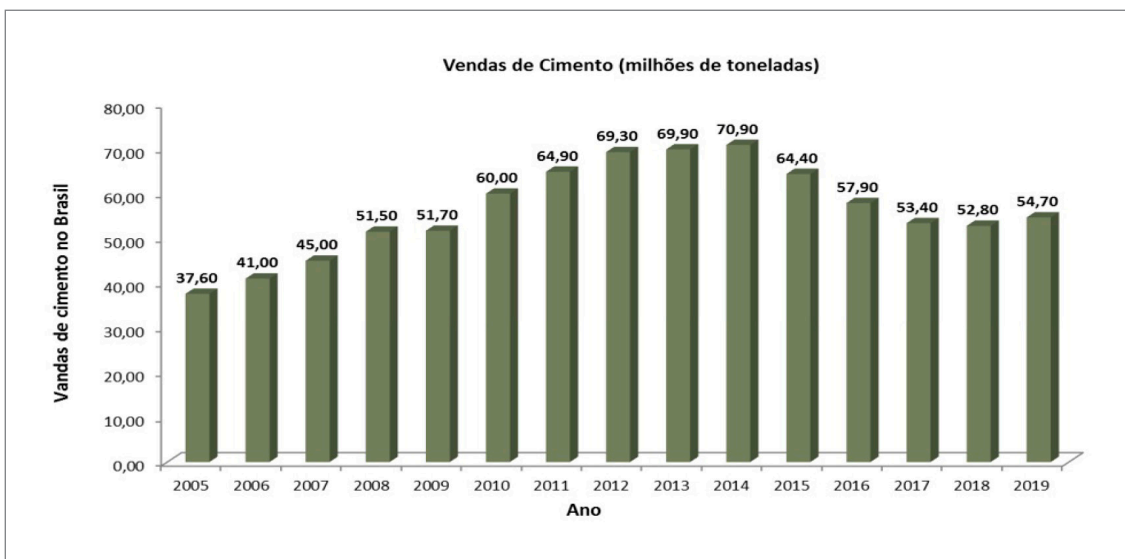


Figura 8.5 - Evolução das vendas de cimento no Brasil no período de 2005 – 2019. Fonte: SNIC, 2019b; SNIC, 2019c.

8.6.2. Perspectivas para o setor de materiais de construção civil na RMM

A população da RMM cresceu de 1,156 milhões de habitantes, em 2010, para 1,330 milhões, em 2018, aumento aproximado de 15% (IBGE, 2019a). Essa expansão deve continuar nos próximos anos, uma vez que a região encontra-se em estágio de expansão demográfica e econômica.

A RMM é a região de maior dinamismo socioeconômico do estado de Alagoas, uma prova disto é que dos cinco municípios alagoanos com maior valor do PIB, tomando-se como base o PIB de 2017, a maioria está na RMM, são eles: Maceió, Arapiraca, Marechal Deodoro, Coruripe e Rio Largo. Os outros ficam no Agreste e no Litoral Sul do estado. A capital Maceió concentrou

41,31% da participação no PIB do estado, que em 2017 resultou no montante de R\$ 52,843 bilhões. O município é um dos cinco responsáveis pelo agregado total de 57,21% gerado por Alagoas naquele ano. Segundo no ranking vem o município de Arapiraca, que obteve participação de 7,76%. Depois dele, temos Marechal Deodoro, com 3,60%, Coruripe, com 3,14%, e Rio Largo, com 1,93% de participação (IBGE, 2019b).

No período de 2010-2017, o PIB da Grande Maceió foi de R\$14,9 bilhões para R\$27,3 bilhões. É importante frisar que em 2010 a RMM era formada por 11 municípios, ao passo que em 2017 já eram 13 municípios (IBGE, 2019b).

Quando se analisa a participação do PIB da RMM no estado de Alagoas e no PIB nacional, observa-se que a participação caiu de 54,9% e 0,49%, respectivamente, em 2010, para 51,7% e 0,45%, respectivamente, em 2017.

Isto significa que durante os últimos anos em que o Brasil sofreu com a queda do PIB, intensificada no período de 2014 e 2017, a RMM sofreu um pouco mais.

O que se constatou com os dados históricos da produção consumida de matérias de construção civil no Brasil, é que o setor começava a apresentar recuperação em 2019, em simetria com a economia brasileira, mesmo que de forma lenta, mas devido a pandemia de coronavírus (covid-19) e seus efeito na economia nacional e global, o cenário mudou, uma vez que os especialistas do mercado de capitais prevêm que o comércio mundial será “gravemente afetado” e as diversas economias sofrerão tanto pela quebra da oferta, por causa da interrupção de fornecimento em diferentes cadeias produtivas, quanto pela demanda, por causa da perda de renda e do desemprego (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Com previsões para grande resseção global, o cenário mudou fortemente para o setor de matérias de construção civil. Como o Brasil pertence ao grupo de países em desenvolvimento, tende a sofrer mais em períodos de resseção global que os países desenvolvidos.

Após semanas de turbulência, as instituições financeiras refizeram suas projeções para o crescimento do PIB de 2020 e anos seguintes. O Banco Central do Brasil, em seu relatório semanal (boletim FOCUS de 17/04/2020, publicado em 20/04/2020), que reúne o consenso de previsões feitas pelas principais instituições financeiras, apresentou as previsões para o PIB brasileiro e Inflação para os próximos anos. Os dados apontam para crescimento de -2,96% em 2020. Para 2021, contudo, a projeção de recuperação do PIB para um crescimento, ao final do ano, de 2,7%, e 2,5% para os anos de 2022 e 2023. A expectativa para a taxa básica de juros ao fim de 2020 foi reduzida de 3,25% para 3% ao ano. Para o ano de 2021, a projeção foi mantida em 4,5%, após três semanas consecutivas de revisões para baixo. Em meio a medidas de isolamento social, visando minimizar a disseminação do coronavírus, as expectativas para inflação e crescimento da economia do país também foram novamente reduzidas. Para o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), a projeção de alta foi cortada pela sexta vez consecutiva, de 2,52% para 2,23%, em 2020, e de 3,5% para 3,4% em 2021.

9. CONCLUSÕES

A Região Metropolitana de Maceió e adjacências possui uma economia centrada na agricultura, pecuária, extração de gás natural e petróleo, no setor de serviços e na produção industrial, e concentra as principais indústrias instaladas no estado de Alagoas. A indústria da construção civil acompanhou o crescimento econômico do estado nestes últimos anos, com investimentos na edificação de empreendimentos de grande, médio e pequeno portes, o que tem demandado quantidades expressivas de matérias-primas minerais para construção civil. No entanto, nos dias atuais, o setor está passando por um decréscimo, em função da recessão econômica que atingiu o Brasil, principalmente nas regiões mais carentes.

Vale ressaltar que o abastecimento de substâncias minerais para construção civil nas regiões metropolitanas do país vem sendo acentuado não apenas pela expansão urbana recobrando áreas com potencial mineral, mas também pelas lavras informais que provocam crescentes preocupações ambientais.

A ausência de um plano diretor, associado à exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores, ao crescimento da urbanização e à restrição ambiental, tem resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que vem sobrecarregando o preço final dessas substâncias.

Durante a execução do projeto foram identificadas um total de 11 áreas potencialmente favoráveis à exploração de brita, areias, cascalho, saibro, além de argilas para cerâmica vermelha e calcário.

9.1. BRITA

A brita produzida na Região Metropolitana de Maceió e adjacências é toda proveniente de frentes associadas às rochas do Complexo Belém de São Francisco, localmente constituído por ortognaisses tonalíticos, granodioríticos e graníticos, comumente migmatizados, equigranulares médios a grossos a inequigranulares; e às rochas ígneas dos Granitoides Indiscriminados e da Suíte Itaporanga, em geral, constituídas por monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos, predominantemente equigranulares finos a médios, às vezes grossos, localmente porfíricos.

Foram cadastrados 13 pontos potenciais, entre ocorrências, pedreiras em funcionamento e frentes de lavras (ativas e paralisadas). Os pontos estão divididos em três

áreas potenciais, sendo: Área Potencial VII – Suíte Intrusiva; Área Potencial VIII – Complexo Ortognaístico; e Área Potencial IX – Granitoides Indiscriminados.

As áreas potenciais e de extração do material restringem-se aos municípios de Murici, Atalaia, Pilar, Rio Largo, Messias e Maceió. Atualmente, a Região Metropolitana de Maceió e adjacências apresentam 52 processos ativos, requeridos para rocha britada, junto à Agência Nacional de Mineração (ANM).

Todas as áreas produtoras operam em lavra a céu aberto (open pit). A lavra ocorre sob a forma de bancadas altas, com algumas pedreiras tendo mais de dois níveis. O método de bancadas constitui a sistemática usual para desmontes com utilização de explosivos. A exploração é feita com o auxílio de martelletes, compressores, além do uso de pá carregadeira, tratores e caminhões do tipo caçamba.

Foram realizadas descrições petrográficas em 11 pontos potenciais para o insumo, mais quatro com ênfase em reações álcalis-agregado. Todas as amostras demonstraram ser potencialmente reativas, necessitando de um estudo mais detalhado e mais abrangente com ensaios tecnológicos específicos para analisar sua aplicabilidade e especificações para uso em concreto.

Os principais produtos oriundos das minerações da RMM e adjacências são as britas 0, 1, 2, 3, bica corrida, pó de brita e rachão, sendo que a mais comercializada é a brita 1. Também ocorre a produção em grande quantidade de paralelos (paralelepípedos) na região de Murici.

O principal destino da produção de rocha britada é a própria região metropolitana.

9.2. AREIA

As areias da Região Metropolitana de Maceió e adjacências ocorrem nos sedimentos dos depósitos fluviolagunares, que consistem depósitos argilosos, argiloarenosos e/ou arenoargilosos, enriquecidos de matéria orgânica; nos sedimentos dos depósitos aluvionares, sendo depósitos arenosos e argilosos, com níveis de cascalho e raros níveis de matéria orgânica; e nos sedimentos dos depósitos litorâneos, constituídos por areias quartzosas de granulometria fina a muito fina, esbranquiçadas, bem selecionadas. Ocorrem também depósitos de areias nos depósitos de pântanos e mangues, porém não utilizados como insumos.

Foram cadastrados 56 afloramentos, entre ocorrências, minas e garimpos (ativos e inativos). Esses

pontos estão divididos em três áreas potenciais, sendo: Área Potencial I – Depósitos Litorâneos, Área Potencial II – Depósitos Fluviolagunares, e Área Potencial III – Depósitos Aluvionares. Ocorrem também explorações em alguns pontos distintos dispersos por outras áreas potenciais, porém sem muita expressividade. Tem ainda as areias industriais geradas pela cominuição de rochas nas pedreiras dispersas na região.

As áreas de ocorrência, reserva potencial e extração do insumo estão dispersas por praticamente toda a área.

Atualmente, a Região Metropolitana de Maceió e adjacências apresentam 109 (cento e nove) processos ativos requeridos para areia, junto a ANM.

Um total de sete amostras foram analisadas granulometricamente. Essas análises permitiram considerar que praticamente todas as areias da RMM podem ser aplicadas na construção civil, inclusive na confecção de argamassas. Em razão da ótima seleção mineral de algumas amostras de areia, outras três amostras foram analisadas mineralogicamente, cujos teores de SiO₂ (99%), bem como os teores de Fe₂O₃ e/ou de Al₂O₃, permitem avaliar seu uso potencial na indústria de vidros ou produção do silício metálico. Porém, sugere-se a realização de ensaios de caracterizações tecnológicas e químicas dessas areias, para complementar a avaliação da aplicabilidade.

9.3. ARGILA

Na Região Metropolitana de Maceió e adjacências, os principais depósitos de argila são de origem sedimentar, ocorrendo associados a sedimentos de vários domínios geológicos distintos, tendo, como principais tipologias, as argilas aluvionares e formacionais/sedimentares. Ocorrem também argilas de origem residual, porém sem muita amplitude.

Trinta e três pontos foram cadastrados, sendo sua grande maioria ocorrências. Este insumo ocorre de forma mais significativa em três áreas potenciais, sendo: Área Potencial IV – Rochas Clásticas Sedimentares, Área Potencial V – Rochas Pelíticas, e Área Potencial VI – Cobertura Sedimentar.

As frentes de extração ativas ocorrem nos municípios de Maceió e Paripueira. Os demais pontos são ocorrências dispersas por toda área do projeto. Foram analisadas 16 amostras de argilas e, no geral, observou-se que as mesmas podem ser aplicadas na cerâmica vermelha, tanto na produção de tijolos, quanto na confecção de telhas, manilhas e blocos estruturais.

Apesar do grande potencial mineral e da qualidade da argila, o setor de cerâmicas na região metropolitana e no seu entorno apresenta um grande déficit de empreendimentos. Atualmente, existe apenas duas cerâmicas ativas nos limites da área de estudo. Em geral, esses produtos vêm de outros municípios mais afastados,

como Porto Calvo, Maragogi e Matriz de Camaragibe, e até de outros estados, como Aracaju, em Sergipe. Parte dessa situação ocorre pelos baixos incentivos fiscais somados aos baixos preços dos produtos finais, fazendo com que olarias de pequeno porte atuem no teor crítico de viabilidade econômica.

Existem em torno de 60 processos ativos para argila em toda a Região Metropolitana de Maceió e adjacências, junto à ANM.

9.4. SAIBRO E CASCALHO

Foram cadastrados um total de 34 pontos de saibro e cascalho, que são utilizados como material de empréstimo na Região Metropolitana de Maceió e adjacências. Os depósitos de saibro e cascalho ocorrem majoritariamente associados à Área Potencial VI – Cobertura Sedimentar. A principal fonte de fornecimento desse material está associada aos sedimentos do Grupo Barreiras, em uma sequência litológica bastante heterogênea, constituída por sedimentos arenoargilosos e siltico-argilosos, intemperizados e contendo níveis conglomeráticos.

Sua produção é muito variável ao longo do tempo, isto é, se intensifica quando há obras de infraestrutura (pavimentação de estradas de rodagem em andamento, aterro de obras públicas e barragens), e chega a ser quase inexistente nos outros períodos. A consequência deste fato se reflete na falta de estatísticas sobre a produção e o consumo dos materiais.

Em função do baixo preço dessa substância e do consequente custo do frete, a produção do insumo não suporta grandes distâncias, sendo empregado basicamente em obras situadas próximas aos locais de extração.

A clandestinidade da atividade é bastante comum, cujo desenvolvimento ocorre de forma irregular, predatória, geralmente sem um responsável técnico, e sem planejamento operacional, constituindo um franco estímulo à informalidade.

Atualmente, os processos ativos requeridos, junto à ANM, para saibro e cascalho, são apenas 15.

9.5. CALCÁRIO

Todos os depósitos desse insumo estão associados às rochas carbonáticas da Formação Morro do Chaves, correspondendo à Área Potencial X. Trata-se de calcários calcíticos, coquinoídes, cinza-claros com intercalações de arenitos finos e folhelhos cinza-esverdeados.

Por se tratar de uma área relativamente pequena, apenas 10 km², foram cadastrados dois pontos aflorantes. Porém, é desta área, no município de São Miguel dos Campos, adjacente à RMM, que provém todo calcário para a produção de cimento da única fábrica da região, que utiliza insumos próprios locais.

Foram realizadas três descrições petrográficas, caracterizando as amostras como rochas carbonáticas, de granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), muito rica em fósseis (gastrópodes e bivalves), compostas mineralogicamente por calcita (45%), fósseis carbonáticos (45%) e silicatos (10%).

Apenas três processos, junto à ANM, encontram-se ativos.

9.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas potenciais foram definidas a partir de critérios econômicos e geológicos, levando em consideração ainda as áreas urbanizadas e de proteção ambiental. Desta maneira, foram definidas em 11 áreas no total (Anexo II), sendo elas:

Área I – Depósitos Litorâneos: onde encontra-se a segunda maior produção de areia da RMM e adjacências. Apresenta uma área de aproximadamente 65 km², na borda leste da área do projeto, apresentando reservas significativas para as próximas década. Atualmente, a maior parte das areias são destinadas à fabricação de blocos estruturais e para construções de pequeno porte. Há uma subutilização do produto, visto que sua porcentagem de SiO₂ é em torno dos 99%, podendo ser utilizado como areia industrial, principalmente na confecção de vidro. As principais extrações estão localizadas no município de Marechal Deodoro.

Área II – Depósitos Fluvio-lagunares: corresponde à principal área produtora de areia da RMM e adjacências, tendo como principais frentes, extrações de areia no leito ativo dos rios Paraíba e Mundaú. Essa área abrange um total de 260 km², com reservas suficientes para as próximas décadas.

Área III – Depósitos Aluvionares: uma área que apresenta um alto potencial para areias, ainda não sendo explorado, e baixo potencial para argila e cascalho, localizada entre os municípios de Pilar e Marechal Deodoro, de aproximadamente 22 km².

Área IV – Rochas Clásticas Sedimentares: abrange uma área de 154 km². Embora apresente um potencial alto para argilas e moderado para saibro e cascalho, ainda não há exploração desses insumos na área.

Área V – Rochas Pelíticas: pequeno bolsão pelítico, sem exploração, de aproximadamente 15 km², no município de Barra de São Miguel.

Área VI – Cobertura Sedimentar: principal área potencial para saibro da RMM e adjacências. Abrange uma área de aproximadamente 1610 km². A área, também, apresenta um bom potencial para argila e cascalho, sendo bastante explorada para todos esses insumos. Possui reservas expressivas para as próximas décadas de consumo.

Área VII – Suíte Intrusiva: compreende a uma área com potencial para a produção de brita e paralelos

pertencente à Suíte Intrusiva Itaporanga. Atualmente, não há exploração desse litotipo na região. Localiza-se no extremo leste e extremo norte da região do projeto, correspondendo a uma área de 57 km².

Área VIII – Complexo Ortognáissico: área potencial para brita, com aproximadamente 258 km². Grande parte do material britado da região provém desta área potencial, pertencente ao Complexo Belém de São Francisco. A maior concentração de minas e garimpos para brita e paralelo (pedra de cantaria/paralelepípedos) estão no município de Murici, e apresentam reservas expressivas para atender ao mercado consumidor da região pelas próximas décadas.

Área IX – Granitoides Indiscriminados: corresponde à área de maior produção de brita e areia artificial da RMM e adjacências, com aproximadamente 188 km², tendo extrações principais nos municípios de Rio Largo, Pilar, Atalaia e Maceió. Com reservas significativas, a área potencial pode abastecer a região por décadas.

Área X – Calcários: possui alto potencial geológico para depósitos de calcários coquinoídeos relacionados às rochas carbonáticas da Formação Morro do Chaves, localizada no município de São Miguel dos Campos, com aproximadamente 10 km². Todo calcário para a produção de cimento da região provém dessa área.

Área XI – Complexo Metassedimentar: apesar de ser uma área grande, não apresenta grande expressividade em recursos minerais exploráveis, apresentando um baixo potencial para argila e saibro.

A produção mineral da RMM e adjacências para a construção civil, hoje se resume praticamente à extração de areia, argila, calcário, brita saibro e cascalho, contudo pode-se afirmar um bom potencial desses insumos na região.

É de fundamental importância um ordenamento municipal para o desenvolvimento e continuidade das operações de exploração de areia, argila e demais insumos minerais existentes nessas regiões. É necessário que planos diretores de mineração sejam traçados, com o respectivo zoneamento metropolitano elaborado a partir do conhecimento geológico do território municipal.

Atualmente, toda a produção dos insumos minerais para a construção civil na Região Metropolitana de Maceió e adjacências são para consumo próprio, inexistindo o comércio extra regional. Em oposto às demais matérias-primas minerais, grande parcela dos produtos cerâmicos são oriundos de municípios mais afastados e até de outros estados.

Apesar de muitas das empresas areeiras estarem regularizadas junto à ANM, ainda são observadas lavras informais de pequeno porte, que prejudicam o meio ambiente e a vida útil dos depósitos.

As áreas produtoras de brita são lavradas por mineradoras legalizadas, entretanto, os garimpos para extração

de paralelos (paralelepípedos) são rudimentares e, por muitas vezes, extraem os insumos sem condições adequadas, tanto sem segurança do trabalho, quanto em preservação ao meio ambiente.

De modo geral, vale ressaltar que a realização de um zoneamento territorial, que preserve as reservas minerais frente à ocupação urbana, é de vital importância para

o desenvolvimento e a continuidade das operações de exploração dos insumos minerais existentes na RMM.

Por fim, baseado nos resultados deste informe, espera-se que prefeituras, órgãos municipais e estaduais aprimorem políticas de gestão territorial para uso racional de recursos minerais, em conformidade com o desenvolvimento e a expansão urbana da região metropolitana.

REFERÊNCIAS

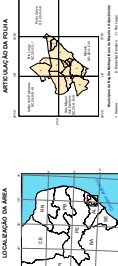
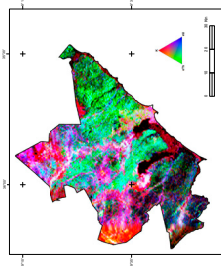
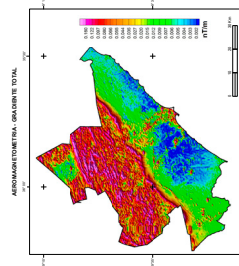
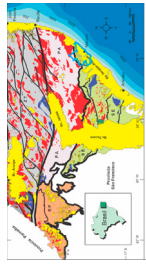
- ALBUQUERQUE, A.S. Agregados. In: BAUER, L.A.F. Materiais de Construção. Rio de Janeiro: LTC. 5ª edição revisada. Vol 1, 2014. Capítulo 4.
- ALMEIDA, F. F. M. *et al.* Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, nov. 1977, Campina Grande, PB. Atas do. Campina Grande: SBG Núcleo Nordeste, 1977. 499 p. (Boletim Núcleo Nordeste da SBG, 6). p. 363-391.
- ANEPAC.2015. Perspectivas para o Setor de Agregados. Disponível em:< <http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/101-perspectivas-para-o-setor-de-agregados>>. Acesso em: 05 Fev. 2020.
- AMBROSIO, A. Perfil analítico do cimento. Boletim DNPM, Rio de Janeiro, n. 30, 70 p., 1974.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: agregados – amostragem. Rio de Janeiro, 2001. 10 p. Esta norma cancela e substitui a NBR 7216:1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7389-2: Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto Parte 2: Agregado graúdo. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9938: Agregados — Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5564: Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2014. 26 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12583: Agregado graúdo - Determinação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, ABNT, 2017. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12584: Agregado miúdo - Verificação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, ABNT, 2017. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, ABNT, 2017. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211: Agregados para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Versão Corrigida: 2019. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7809: Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15577-3: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 10 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 26 p
- BCB. 2020. Banco Central do Brasil: Focus - Relatório de Mercado. 07/02/2020 – Fevereiro 2020. Disponível em:< <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/07022020>>. Acesso em: 11 Fev. 2020.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaoconsolidado.htm. Acesso em: dez. 2020.
- BRASIL. Decreto Federal nº 97.632, de 10 de abril de 1989.
- BRASIL. Decreto Federal nº 9.407, de 12 de Junho de 1918.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Guia do minerador: regimes de autorização e de concessão. 2019a. Disponível em: http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_2.htm. Acesso em: nov. 2019.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Destino da Arrecadação da CFEM. 2019b. Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/distribuicao_cfem.aspx. Acesso em: nov. 2019.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. SIGMINE. 2019c. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine> Acesso em: nov. 2019.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). 1979. Normais Climatológicas do Brasil (1931-1960). 2 ed. Rio de Janeiro.
- CAMPOS NETO, O. P. de A.; LIMA, W. S.; CRUZ, F. E.G. Bacia Sergipe-Alagoas In: Boletim de Geociências. PETROBRÁS. V.15 No 2. Maio/nov. 2007. Rio de Janeiro. 200p.
- CBIC. 2019. Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC. PIB Brasil e Construção Civil. Atualizado: 03/12/2019.

- Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 12 Fev. 2020.
- DELGADO, J. de M. *et al.* Geotectônica do escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A. (Ed) *et al.* Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: Texto, mapa e GIS. Geology, tectonics and mineral resources of Brazil: Text, maps, e gis. Brasília: CPRM, 2003. 673p.
- DONDI, M., 2006. Caracterização tecnológica dos materiais argilosos: métodos experimentais e interpretação dos dados. *Revista Cerâmica Industrial*, 11(3).
- FEIJÓ, F. J. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v.8, n.1, p.149-161, 1994.
- FRAZÃO, E. B.; PARAGUASSU, A. B. Materiais rochosos para construção. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. *Geologia de engenharia*. São Paulo: ABGE, 1998. p.331-340.
- FRAZÃO, E. L. Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: TANNÚS, M. B.; CARMO, J. C. C. *Agregados para a construção civil do Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas*. Belo Horizonte: CETEC, 2007. p. 27-74
- IBGE. CENSO demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: nov. 2019.
- IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável, Brasil 2010. Estudos & Pesquisas – Informação Geográfica. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>. Acesso em: nov. 2019.
- IBGE. IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios para 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16131-ibgedivulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017>. Acesso em: nov. 2019
- IBGE. 2019a. Agência IBGE – Notícias-Editoria: estatísticas econômicas. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25298-pib-varia-0-4-no-2-trimestre-de-2019>>. Acesso em: 10 Fev. 2020.
- IBGE. 2019b. Agência IBGE – Notícias-Editoria: estatísticas econômicas. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/26171-pib-cresce-0-6-em-relacao-ao-2-tri-e-chega-a-r-1-842-trilhao>>. Acesso em: 10 Fev. 2020.
- LARRÉ, L. J. C. 2008. Análise sismoestratigráfica dos depósitos sinriftes da Formação Coqueiro Seco (Aptiano inferior a médio), Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p.87-101.
- LARRÉ, L. J. C. 2009. Análise sismoestratigráfica dos depósitos sinriftes da Formação Coqueiro Seco (Aptiano inferior a médio), Bacia de Sergipe-Alagoas. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 106p.
- LIMA, R. B. S.; SILVA, A. S. R.; COSTA, F. N. *Reação Álcali Agregado e seus Efeitos na Construção de Edifícios*. 2009. 24 p. TCC - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2009.
- LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. *Rochas e minerais industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. 990 p.
- MENDES, V. de A. *et al.* *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Alagoas: escala 1:250.000/ Vanildo de Almeida Mendes (org): Recife: CPRM- Serviço Geológico do Brasil*, 2017. 113p il. + mapas. Programa Geologia do Brasil - PGB. *Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*.
- MENDES, V. A. *et al.* *Geologia e Recursos Minerais da Folha Arapiraca. Folha SC.24-X-D. Escala 1:250.000. Estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Recife: CPRM*, 2010.
- MME. 2016. Ministério de Minas e Energia. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO METÁLICOS 2016. – Atualizado 18/10/2019. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/Anu%C3%A1rio+Estat%C3%ADstico+do+Setor+de+N%C3%A3o+Met%C3%A1licos+-+2016+base+2015.pdf/fc140666-9ae3-2b21-c434-459df101f403>>. Acesso em: 12 Dez. 2019.
- MME. 2017. Ministério de Minas e Energia. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO METÁLICOS 2017. Atualizado: 18/10/2019. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/Anu%C3%A1rio+Estat%C3%ADstico+do+Setor+de+N%C3%A3o+Met%C3%A1licos+-+2017+base+2016.pdf/dd19b8df-3dc2-a5a7-feeb-a72a3fc4b969>>. Acesso em: 12 Dez. 2019.
- MME. 2019. Ministério de Minas e Energia. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO METÁLICOS 2019. Atualizado: 18/12/2019. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/ANU%C3%81RIO+N%C3%83O-METALICOS+2019+19.12.2019.pdf/25b502da-ffd3-9e2f-982a-1860dd29985b>>. Acesso em: 12 Jan. 2020.
- MME. 2019. Ministério de Minas e Energia. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO METÁLICOS - CERÂMICA VERMELHA. Atualizado: 10/12/2019. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/ANU%C3%81RIO+N%C3%83O-METALICOS+2019+19.12.2019.pdf/25b502da-ffd3-9e2f-982a-1860dd29985b>>. Acesso em: 29 Fev.2020.
- NEXOS, 2018. *Nexos Jornal Online-Expresso: Qual foi a gravidade da recessão no Brasil e qual a força da recuperação*, fev. 2018. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2018/02/06/Qual-foi-a-gravidade-da-recess%C3%A3o-no-Brasil-e-qual-a-for%C3%A7a-da-recupera%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 21 agosto 2019.
- NOGUEIRA, M. S.; LEMOS, V. B.; TERRA, G. J. S. 2003. As “Coquinas” do Membro Morro do Chaves, Cretáceo Inferior da Bacia de Alagoas, e seu potencial para reservatório de petróleo. In: 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás. Rio de Janeiro.

- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T.H. Para entender a Terra. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.
- RÊGO, W.A. Caracterização física dos saibros da região metropolitana do Recife utilizados em argamassa. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.
- SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. v. 1. 496 p.
- SÁNCHEZ, L. E. Industry response to the challenge of sustainability: the case of Canadian nonferrous mining sector. *Environmental Management (New York)*, v. 22, n. 4, p. 521-531, 1998a.
- SANTOS, E. J dos; Folha Floresta – SC.24 – X. Província Borborema, Nordeste do Brasil. Recife – PE. CPRM, 1995. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Escala 1:250.000.
- SANTOS, P. S. Tecnologia de argilas aplicada a argilas brasileiras. São Paulo: Edgard Blucher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975. 2 v. il.
- SANTOS, R. A. dos *et al.* Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 1998. 156p.
- SCHALLER, H. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. *Bol. Tec. PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.21-86, 1969.
- SCHNELLRATH, J.; ANDRADE, M.; ALVARENGA JUNIOR, L.P.; GOULART, R.C. Cimento Holdercim. In: SAMPAIO, J.A.; LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. (Ed.). Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil. Rio de Janeiro: CETEM, 2001. p. 175-185.
- SEBRAE. 2016. Boletim de Inteligência, Dezembro, 2015. Construção Civil – Cerâmica Vermelha/Panorama do mercado no Brasil. Disponível em:< [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf)>. Acesso em: 29 Fev. 2020.
- SENAI, 2006. Departamento Regional do Piauí - Centro de Tecnologia da Cerâmica “Wildson Gonçalves”. Tecnologia em cerâmica vermelha: processo de fabricação. Teresina, Brasil.
- SIAL, A N. Litogeoquímica de elementos terras raras na caracterização de granitóides no espaço cachoeirinha, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, out. 1984, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBG. Núcleo Rio de Janeiro, 1984. 12v., v.6, p. 2697-2709.
- SIAL, A. N. Granite types in northeastern Brazil: current knowledge. *Revista Brasileira de Geociência*, São Paulo, v. 16, n.1, p. 52-72, mar.1986.
- SILVA, G. A.; SOUZA, J. C.; MELO, E. B. 2012. Diagnóstico do setor de agregados para construção civil na Região Metropolitana de Natal – RN.2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral.
- SNIC. 2019a. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO- SNIC. Dados do setor- Resultados Preliminares de Dezembro 2019. Disponível em:< <http://snic.org.br/numeros-resultados-preliminares-ver.php?id=44>>. Acesso em: 17 Fev.2020.
- SNIC. 2019b. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO- SNIC. Dados do setor- Resultados Preliminares Jun.-Dez. de 2019. Disponível em:< <http://snic.org.br/numeros-resultados-preliminares-ver.php?id=45>>. Acesso em: 18 Fev.2020.
- SNIC. 2019c. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO- SNIC. Dados do setor Relatórios Anuais – 2005-2013. Disponível em:< <http://snic.org.br/numeros-relatorio-anual.php>>. Acesso em: 10 Fev.2020.
- SNIC. 2020. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO- SNIC. Dados do setor. Disponível em:< <http://snic.org.br/numeros-resultados-preliminares-ver.php?id=45>>. Acesso em: 17 Fev.2020.
- USGS - U.S. Geological Survey. 2019. Institutional site: Mineral Commodity Summaries (2015-2019), February 2019. Disponível em:< <https://www.usgs.gov/centers/nmic/cement-statistics-and-information> >. Acesso em: 6 junho 2019.
- WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, Chicago, v. 30, n. 5, p. 377-392, Jul./Aug. 1922.

ANEXO

ANEXO I
MAPA GEOLÓGICO



LEGENDA

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

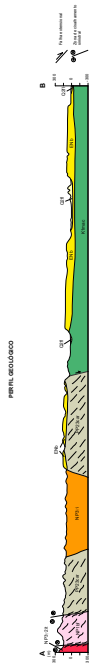
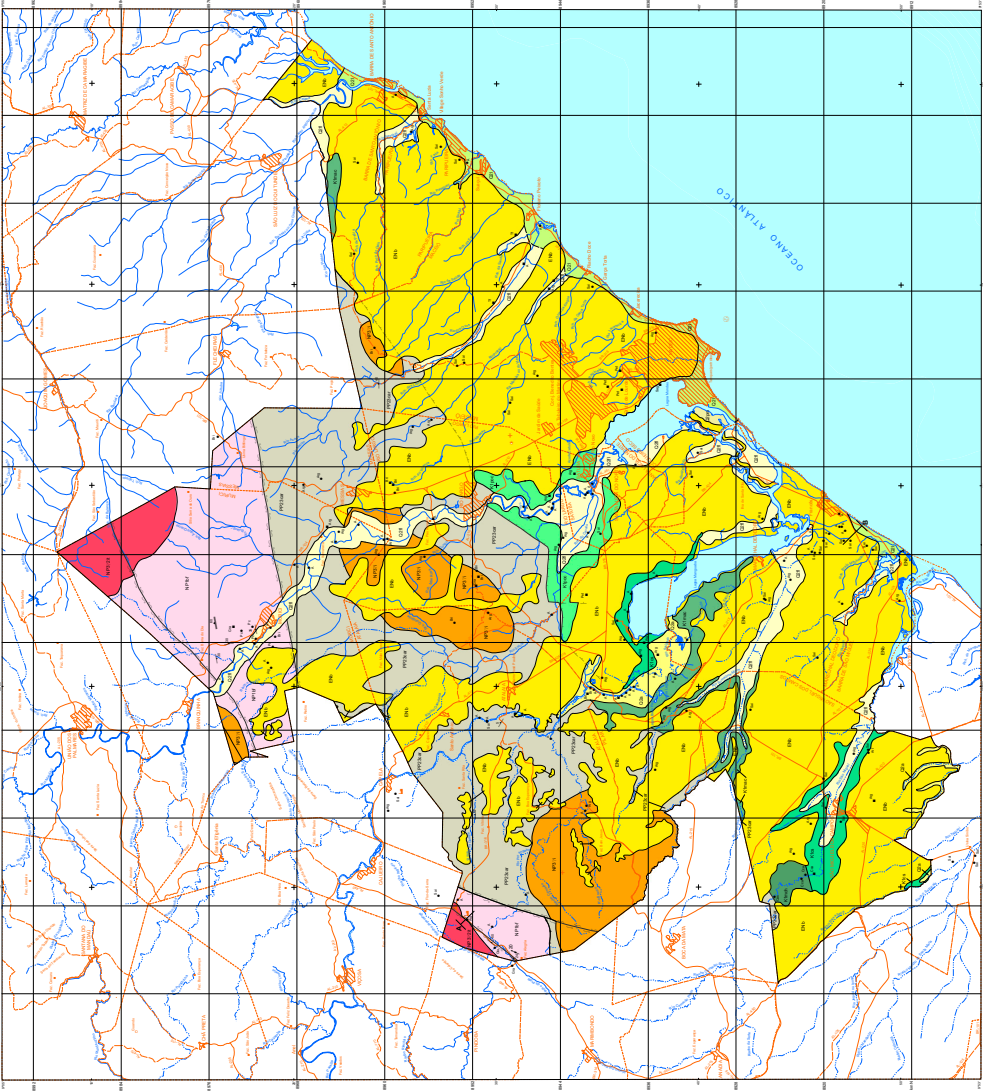
- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- Área de Proteção Ambiental (APA) - Área de Proteção Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental
- Área de Preservação Ambiental (APA) - Área de Preservação Ambiental



RELACIONE DE CORRELATIVIDADES

FASE	PERÍODO	UNIDADE	COMPARAÇÃO COM O MAPA
PRÉ-CAMBRIANO	MIOCENO	Formação Serra da Capivata	Formação Serra da Capivata
		Formação Serra da Capivata	Formação Serra da Capivata
		Formação Serra da Capivata	Formação Serra da Capivata
PRÉ-CAMBRIANO	MIOCENO	Formação Serra da Capivata	Formação Serra da Capivata
		Formação Serra da Capivata	Formação Serra da Capivata

UNIDADES GEOLÓGICAS

PRÉ-CAMBRIANO

- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata

MIOCENO

- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata

QUATERNÁRIO

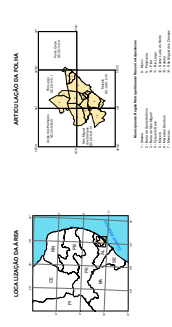
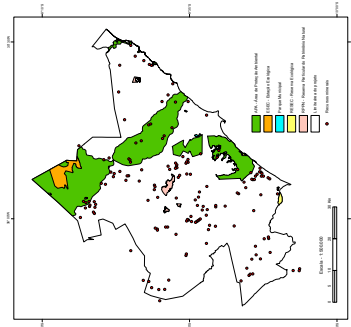
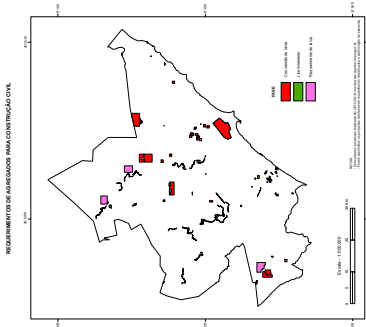
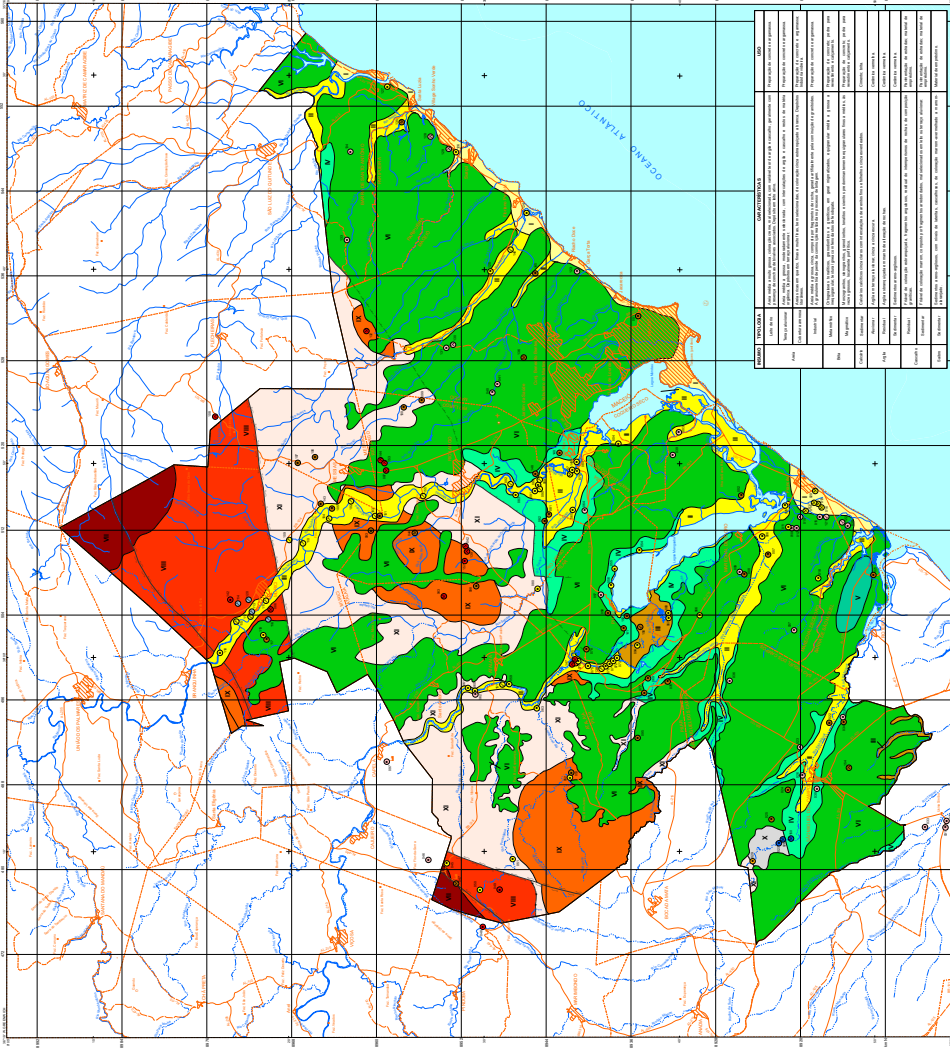
- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata
- Formação Serra da Capivata

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS

ESCALA 1:100.000

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRI

ANEXO II
MAPA DE RECURSOS E POTENCIAL MINERAL



POTENCIALIDADE POR TIPO DE MINÉRIO

TIPO DE MINÉRIO	ÁREA I	ÁREA II	ÁREA III	ÁREA IV	ÁREA V	ÁREA VI	ÁREA VII	ÁREA VIII	ÁREA IX	ÁREA X	ÁREA XI	ÁREA XII
1 - Ferro	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2 - Manganês	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3 - Alumínio	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4 - Cobre	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5 - Zinco	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6 - Chumbo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7 - Níquel	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8 - Urânio	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9 - Bauxita	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10 - Grafite	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11 - Silício	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12 - Outros	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

LEGENDA

CONDIÇÕES GERAIS

- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental

CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental

CONDIÇÕES ADICIONAIS

- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Reserva Ambiental

NOTAS GERAIS

1. Este mapa foi elaborado com base nos dados fornecidos pelo IBRAN e pelo IBRAN.

2. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

3. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

4. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

5. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

6. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

7. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

8. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

9. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

10. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

11. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

12. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

13. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

14. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

15. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

16. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

17. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

18. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

19. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

20. Este mapa não representa uma avaliação de risco ou uma recomendação de investimento.

MAPA DE RECURSOS E POTENCIAL MINERAL PARA MATERIAS DE CONTRUÇÃO
REGIÃO METROPOLITANA DE MACAÉ E ADJACÊNCIAS

ESCALA 1:50.000

PROJEÇÃO: UTM, FUSO 23S
 DATUM: SIRGAS 68
 UNIDADE DE MEDIDA: METROS

IBRAN - INSTITUTO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
 SECRETARIA DE ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL
 SECRETARIA DE POLÍTICA AMBIENTAL

ANEXO III
ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AREIA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:			KC-013 FFU910		
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1003,54	1002,48	0,106%
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	0,00	0,00	0,00
2,360		8	0,00	0,00	0,00
1,180		16	0,38	0,04	0,04
0,600		30	14,85	1,48	1,52
0,300		50	702,64	70,09	71,61
0,150		100	281,75	28,11	99,71
<0,150		<100	2,86	0,29	100,00
Totais			1002,48	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: FRAGMENTOS DE VEGETAIS

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 0,6 mm

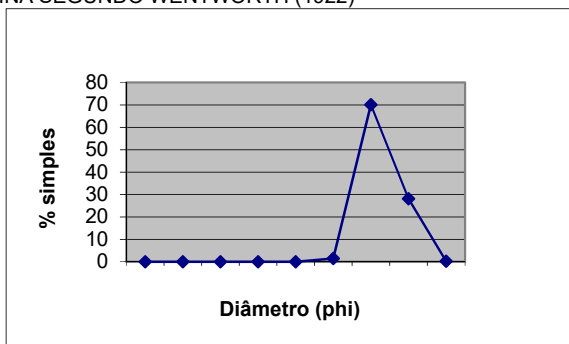
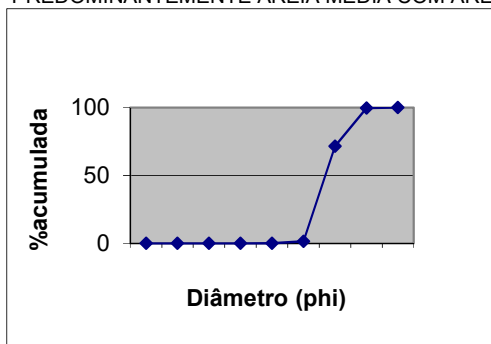
TEOR DE FINO: 0,08%

MÓDULO DE FINURA: 1,72 DENTRO DOS LIMITES DA ZONA UTILIZÁVEL INFERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO

GRADUAÇÃO: UNIFORME

PREDOMINANTEMENTE AREIA MÉDIA COM AREIA FINA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

LOTE: 3814/

CC: 4389-087

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia

SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:			KC-055 FFU911		
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		991,77	990,91	0,087%	
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	9,02	0,91	0,91
4,750		4	23,84	2,41	3,32
2,360		8	33,19	3,35	6,67
1,180		16	132,16	13,34	20,00
0,600		30	272,28	27,48	47,48
0,300		50	393,45	39,71	87,19
0,150		100	106,62	10,76	97,95
<0,150		<100	20,35	2,05	100,00
Totais			990,91	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: POSITIVA PARA VEGETAL

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 4,75 mm

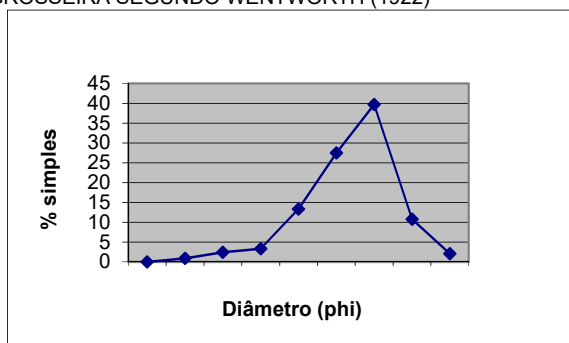
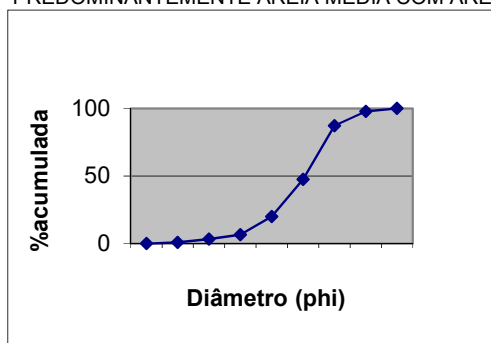
TEOR DE FINO: 0,22%

MÓDULO DE FINURA: 2,63 DENTRO DA ZONA ÓTIMA (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO

GRADUAÇÃO: BEM GRADUADO

PREDOMINANTEMENTE AREIA MÉDIA COM AREIA GROSSEIRA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

LOTE: 3814-RE

CC: 4389-087

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia

SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:			KC-070 FFU912		
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			986,55	985,36	0,121%
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	1,47	0,15	0,15
2,360		8	19,63	1,99	2,14
1,180		16	86,21	8,75	10,89
0,600		30	218,82	22,21	33,10
0,300		50	381,03	38,67	71,77
0,150		100	177,44	18,01	89,77
<0,150		<100	100,76	10,23	100,00
Totais			985,36	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: RAROS FRAGMENTOS VEGETAIS

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 2,36 mm

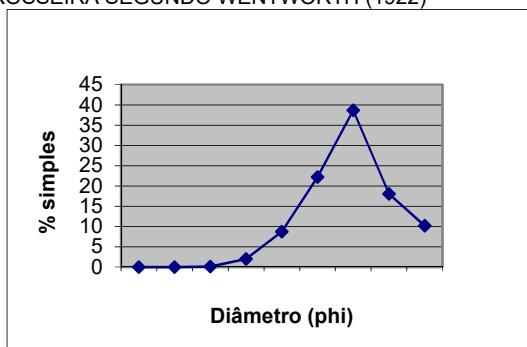
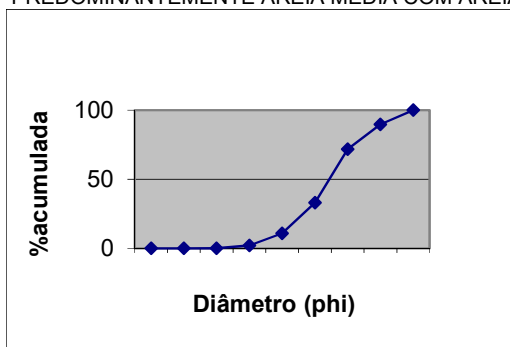
TEOR DE FINO: 3,65%

MÓDULO DE FINURA: 2,07 DENTRO DA ZONA UTILIZÁVEL INFERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO

GRADUAÇÃO: BEM GRADUADO

PREDOMINANTEMENTE AREIA MÉDIA COM AREIA GROSSEIRA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

LOTE: 3814-RE

CC: 4389-087

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia
SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:			KC-102 FFU913		
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1194,88	1193,84	0,087%	
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	0,00	0,00	0,00
2,360		8	26,37	2,21	2,21
1,180		16	217,46	18,22	20,42
0,600		30	161,22	13,50	33,93
0,300		50	420,19	35,20	69,12
0,150		100	219,41	18,38	87,50
<0,150		<100	149,19	12,50	100,00
Totais			1193,84	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: NÃO OBSERVADO

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 2,36 mm

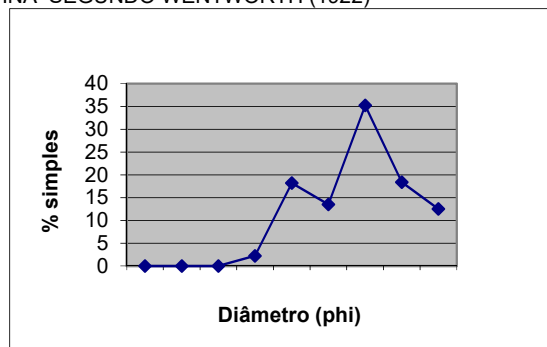
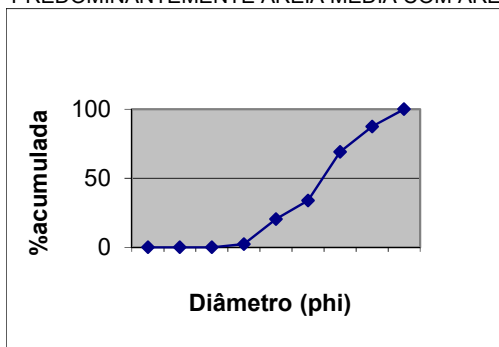
TEOR DE FINO: 5,32%

MÓDULO DE FINURA: 2,13 DENTRO DOS LIMITES DA ZONA UTILIZÁVEL INFERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO

GRADUAÇÃO: BEM GRADUADO

PREDOMINANTEMENTE AREIA MÉDIA COM AREIA FINA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

CC: 4389-087

LOTE: 3814-RE

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia
SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:			KC-126 FFU914		
PESOS					
			inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro
			1029,12	1028,06	0,103%
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	0,00	0,00	0,00
2,360		8	0,00	0,00	0,00
1,180		16	0,19	0,02	0,02
0,600		30	69,65	6,77	6,79
0,300		50	895,12	87,07	93,86
0,150		100	60,29	5,86	99,73
<0,150		<100	2,81	0,27	100,00
Totais			1028,06	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: VEGETAL

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 1,18 mm

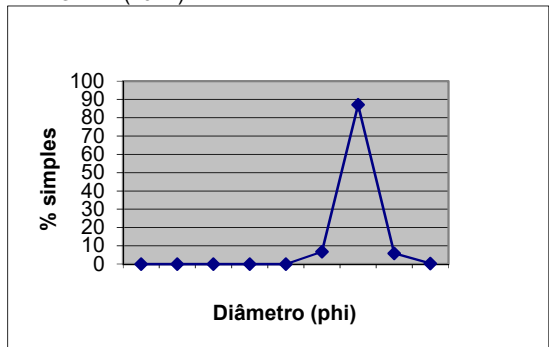
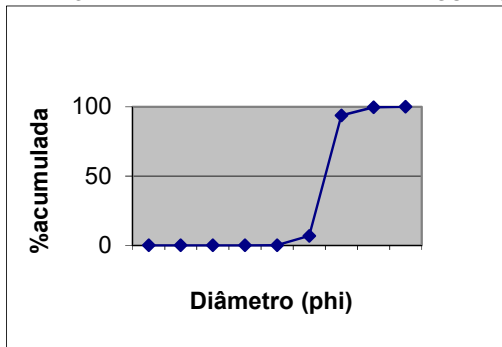
TEOR DE FINO: 0,07%

MÓDULO DE FINURA: 2,00 DENTRO DOS LIMITES DA ZONA UTILIZÁVEL INFERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO

GRADUAÇÃO: UNIFORME

PREDOMINANTEMENTE AREIA MÉDIA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

CC: 4389-087

LOTE: 3814-RE

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia

SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:		KC-042 FFU915			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		1059,56	1058,51	0,099%	
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	23,99	2,27	2,27
2,360		8	404,11	38,18	40,44
1,180		16	200,41	18,93	59,38
0,600		30	91,37	8,63	68,01
0,300		50	107,75	10,18	78,19
0,150		100	97,89	9,25	87,44
<0,150		<100	132,99	12,56	100,00
Totais			1058,51	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: NÃO OBSERVADO

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 4,75 mm

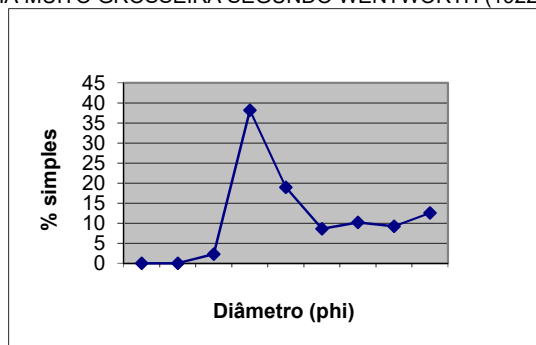
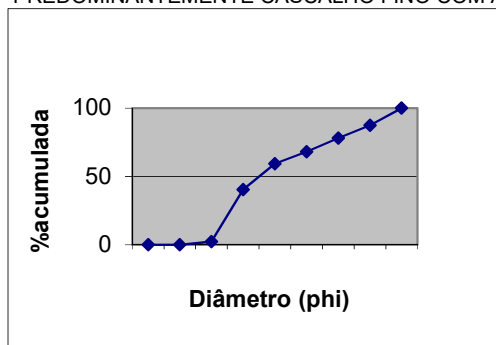
TEOR DE FINO: 6,31%

MÓDULO DE FINURA: 3,35 DENTRO DOS LIMITES DA ZONA UTILIZÁVEL SUPERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO DE ROCHA MOÍDA

GRADUAÇÃO: BEM GRADUADO

PREDOMINANTEMENTE CASCALHO FINO COM AREIA MUITO GROSSEIRA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

CC: 4389-087

LOTE: 3814-RE

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia

SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS LABORATÓRIO DE SEDIMENTOLOGIA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA ABNT					
NOME DA AMOSTRA:		KC-086 FFU916			
PESOS					
		inicial amostra (g)	final amostra (g)	erro	
		942,12	941,05	0,114%	
retida na peneira(mm)	Ø	Mesh	material(g)	Frequência	
				simples	acumulada
9,500		0	0,00	0,00	0,00
6,300		2	0,00	0,00	0,00
4,750		4	10,94	1,16	1,16
2,360		8	309,15	32,85	34,01
1,180		16	241,39	25,65	59,67
0,600		30	96,05	10,21	69,87
0,300		50	104,67	11,12	80,99
0,150		100	102,39	10,88	91,88
<0,150		<100	76,46	8,12	100,00
Totais			941,05	100,00	100,00

MATÉRIA ORGÂNICA: NÃO OBSERVADO

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 4,75 mm

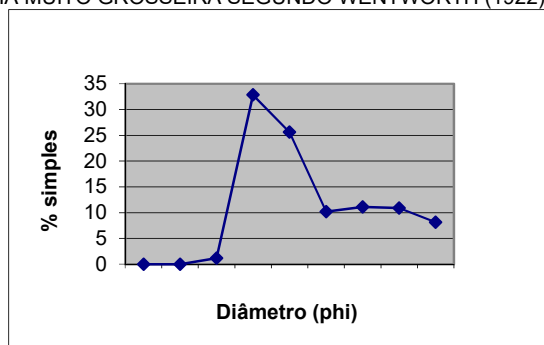
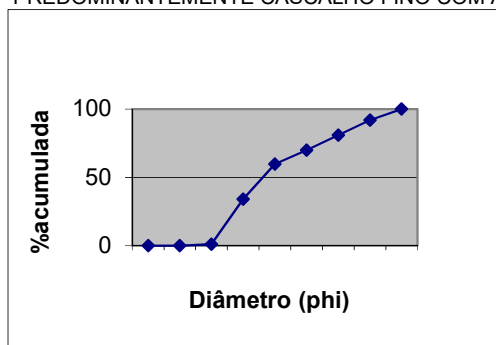
TEOR DE FINO: 3,11%

MÓDULO DE FINURA: 3,37 DENTRO DOS LIMITES DA ZONA UTILIZÁVEL SUPERIOR (ABNT NBR 7211:2005)

AGREGADO MIÚDO DE ROCHA BRITADA

GRADUAÇÃO: BEM GRADUADO

PREDOMINANTEMENTE CASCALHO FINO COM AREIA MUITO GROSSEIRA SEGUNDO WENTWORTH (1922)



PROJETO: Materiais da Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

CC: 4389-087

LOTE: 3814-RE

Porto Alegre, 28 de junho de 2019

Laboratório de Sedimentologia

SUREG PA

Geol. João H.W. Castro

ANEXO IV
ANÁLISES MINERALÓGICAS
SEMIQUANTITATIVAS DE AREIA

ANÁLISE MINERALÓGICA SEMIQUANTITATIVA

AMOSTRA FFV589

Projeto: Material de Construção da Região Metropolitana de Maceió/AL

CC: 4389-087

MINERAL	%	MINERAL	%	MINERAL	%
OURO		ESPINÉLIO		MICA	
CHUMBO		LEUCOXÊNIO	< 1	QUARTZO	99
PIRITA		SCHEELITA		FELDSPATOS	< 1
MARCASSITA		CARBONATO		SELADONITA	
CALCOPIRITA		MONAZITA		GLAUCONITA	
GALENA		APATITA		SERPENTINA	
BLENDA		GORCEIXITA		BERILO	
MOLIBDENITA		ZIRCÃO	< 1	FRAG. DE ROCHA	
PIRITA LIMONITA		TURMALINA (schorlita)	< 1	AGREGADO TERROSO	
MAGNETITA		CIANITA			
HEMATITA		ESTAUROLITA	< 1		
ILMENITA	<1	ANDALUZITA			
LIMONITA		SILLIMANITA			
ÓXIDO DE MANGANÊS		EPIDOTO			
CASSITERITA		ESFENO			
COLUMBITA-TANTALITA		OLIVINA			
RUTILO	< 1	GRANADA			
CROMITA		PIROXÊNIO			
ANATÁSIO		ANFIBÓLIO			

Metodologia: Amostra foi microbataiada para separar minerais pesados, seca em estufa 80°C, submetida ao imã de mão e separador eletromagnético FRANTZ (0.3, 0.5, 0.75 Ampéres). A análise mineral foi com lupa binocular, microscópio petrográfico, mineralight ultra violeta ondas longas e curtas e ensaios microquímicos.

Peso: Leves 190,15g pesados 0,05g

Grau de arredondamento: Predominam grãos sub-angulosos a sub-arredondados

Esfericidade: Alta

Seleção: Muito bem selecionada

Material orgânico: Fragmentos de vegetais

Ouro: Amostra negativa para ouro

Classificação Wentworth(1922): Predominantemente areia fina

Classificação Shepard: Areia

Textura superficial: Lisa

Gradação: Uniforme

Porto Alegre, 27 de outubro de 2020.

Geól. João H. W. Castro
Laboratório de Sedimentologia – SUREG - PA

ANÁLISE MINERALÓGICA SEMIQUANTITATIVA

AMOSTRA FFV590

Projeto: Material de Construção da Região Metropolitana de Maceió/AL

CC: 4389-087

<i>MINERAL</i>	<i>%</i>	<i>MINERAL</i>	<i>%</i>	<i>MINERAL</i>	<i>%</i>
OURO		ESPINÉLIO		MICA	
CHUMBO		LEUCOXÊNIO	< 1	QUARTZO	99
PIRITA		SCHEELITA		FELDSPATOS	< 1
MARCASSITA		CARBONATO		SELADONITA	
CALCOPIRITA		MONAZITA		GLAUCONITA	
GALENA		APATITA		SERPENTINA	
BLENDA		GORCEIXITA		BERILO	
MOLIBDENITA		ZIRCÃO	< 1	FRAG. DE ROCHA	
PIRITA LIMONITA		TURMALINA (Schorlita)	< 1	AGREGADO TERROSO	
MAGNETITA		CIANITA			
HEMATITA		ESTAUROLITA	< 1		
ILMENITA	< 1	ANDALUZITA			
LIMONITA		SILLIMANITA			
ÓXIDO DE MANGANÊS		EPIDOTO			
CASSITERITA		ESFENO			
COLUMBITA-TANTALITA		OLIVINA			
RUTILO	< 1	GRANADA			
CROMITA		PIROXÊNIO			
ANATÁSIO		ANFIBÓLIO	< 1		

Metodologia: Amostra foi microbataleada para separar minerais pesados, seca em estufa 80°C, submetida ao imã de mão e separador eletromagnético FRANTZ (0.3, 0.5, 0.75 Ampères). A análise mineral foi com lupa binocular, microscópio petrográfico, mineralight ultra violeta ondas longas e curtas e ensaios microquímicos.

Peso: Leves 127,69g pesados 0,05g

Grau de arredondamento: Predominam grãos sub-angulosos a sub-arredondados

Esfericidade: Alta

Seleção: Muito bem selecionada

Material orgânico: Raros fragmentos de vegetais

Ouro: Amostra negativa para ouro

Classificação Wentworth(1922): Predominantemente areia a areia fina

Classificação Shepard: Areia

Textura superficial: Lisa

Graduação: Uniforme

Porto Alegre, 27 de outubro de 2020.

Geól. João H. W. Castro
Laboratório de Sedimentologia – SUREG - PA

ANÁLISE MINERALÓGICA SEMIQUANTITATIVA

AMOSTRA FFV591

Projeto: Material de Construção da Região Metropolitana de Maceió/AL

CC: 4389-087

MINERAL	%	MINERAL	%	MINERAL	%
OURO		ESPINÉLIO		MICA	
CHUMBO		LEUCOXÊNIO	< 1	QUARTZO	99
PIRITA		SCHEELITA		FELDSPATOS	< 1
MARCASSITA		CARBONATO		SELADONITA	
CALCOPIRITA		MONAZITA	< 1	GLAUCONITA	
GALENA		APATITA		SERPENTINA	
BLENDA		GORCEIXITA		BERILO	
MOLIBDENITA		ZIRCÃO	< 1	FRAG. DE ROCHA	
PIRITA LIMONITA		TURMALINA (schorlita)	< 1	AGREGADO TERROSO	
MAGNETITA		CIANITA			
HEMATITA	< 1	ESTAUROLITA	< 1		
ILMENITA	< 1	ANDALUZITA			
LIMONITA	< 1	SILLIMANITA			
ÓXIDO DE MANGANÊS		EPIDOTO	< 1		
CASSITERITA		ESFENO			
COLUMBITA-TANTALITA		OLIVINA			
RUTILO	< 1	GRANADA			
CROMITA		PIROXÊNIO			
ANATÁSIO		ANFIBÓLIO			

Metodologia: Amostra foi microbataleada para separar minerais pesados, seca em estufa 80°C, submetida ao imã de mão e separador eletromagnético FRANTZ (0.3, 0.5, 0.75 Ampères). A análise mineral foi com lupa binocular, microscópio petrográfico, mineralight ultra violeta ondas longas e curtas e ensaios microquímicos.

Peso: Leves 185,68g pesados 0,17g

Grau de arredondamento: Predominam grãos angulosos a sub-angulosos

Esfericidade: Moderada

Seleção: Bem selecionada

Material orgânico: Raros fragmentos de vegetais

Ouro: Amostra negativa para ouro

Classificação Wentworth(1922): Predominantemente areia com areia fina

Classificação Shepard: Areia

Textura superficial: Lisa

Graduação: Uniforme

Porto Alegre, 27 de outubro de 2020.

Geól. João H. W. Castro
Laboratório de Sedimentologia – SUREG - PA

ANEXO V
ANÁLISES E ENSAIOS DE ARGILA



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 072.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 072.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 072.	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 072.	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 072.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 072.	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 072.	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 072.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 072.	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de % MEA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 072.	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 072.	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 072.	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 072 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 072

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foram submetidas aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

- Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida foi moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 072

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 072 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 072.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 072.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	ZrO ₂	SO ₃	MnO	PF
% em peso	48,28	33,11	9,06	1,59	0,22	0,12	0,12	0,01	7,49

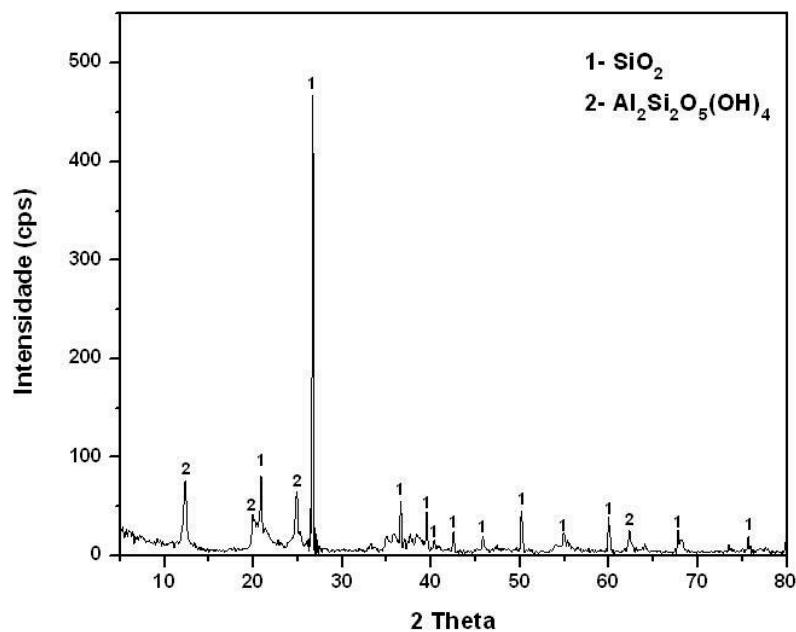


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 072.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 072, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

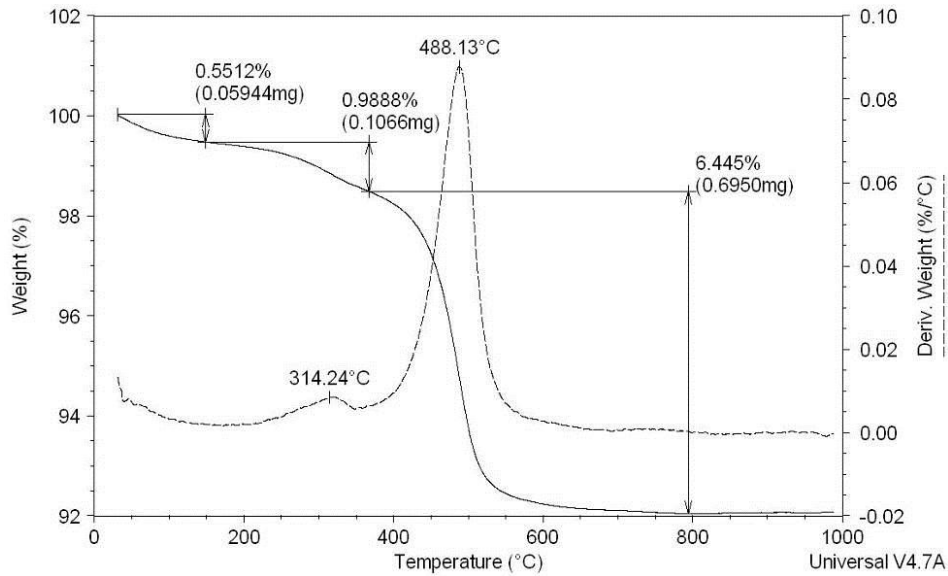


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 072.

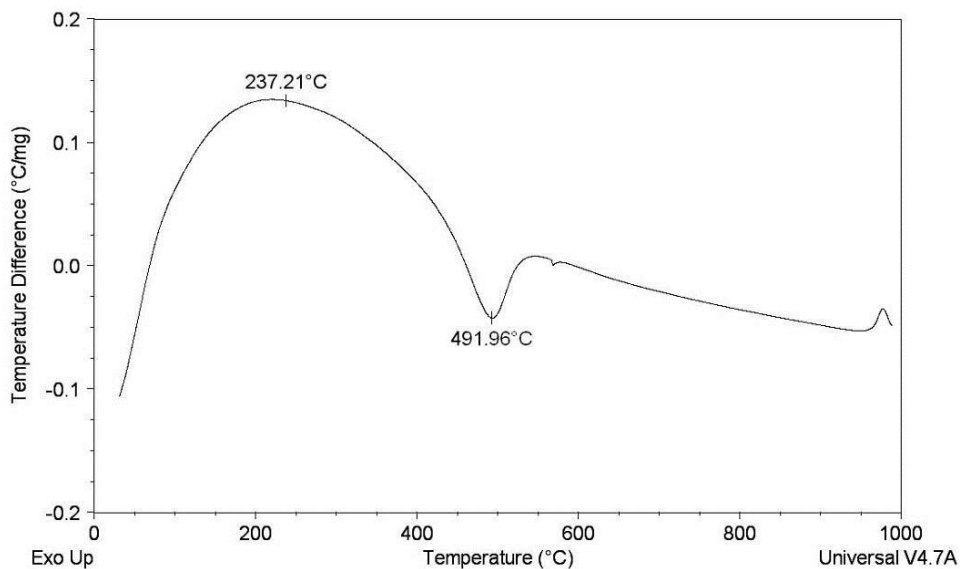


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 072.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 072 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 072 é apresentado na Figura 07.

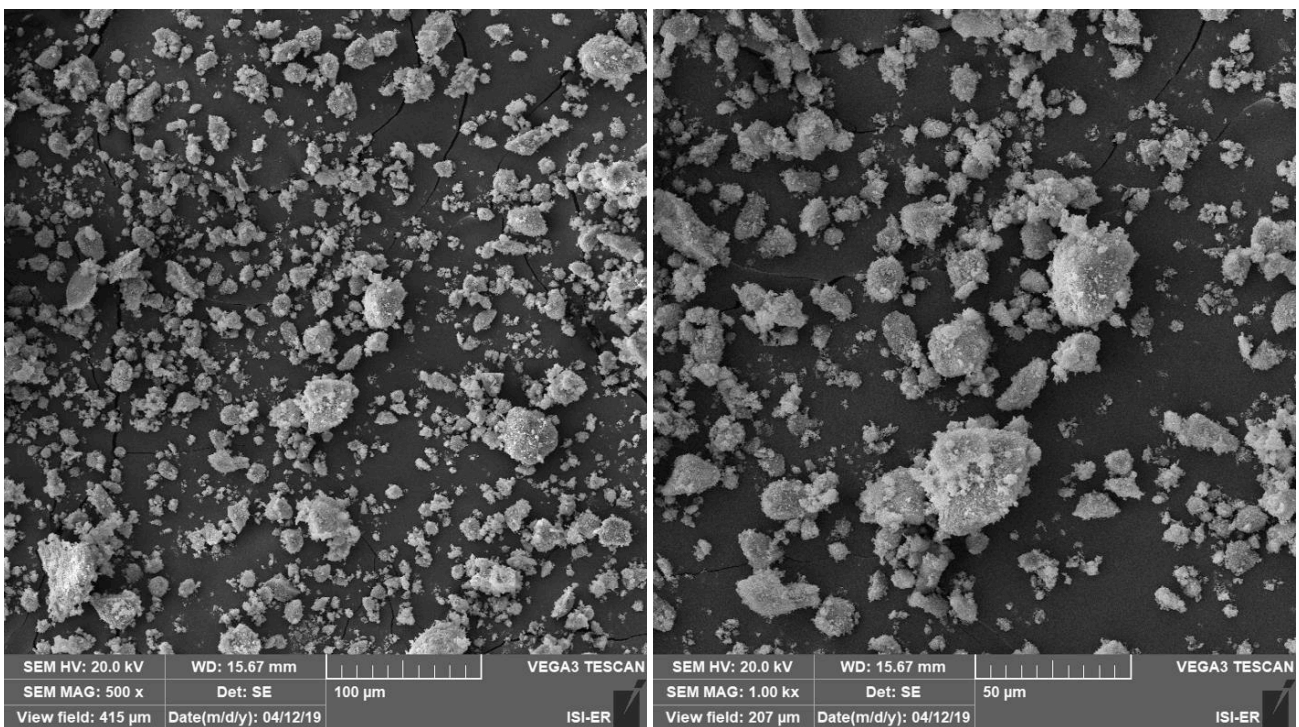


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 072.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

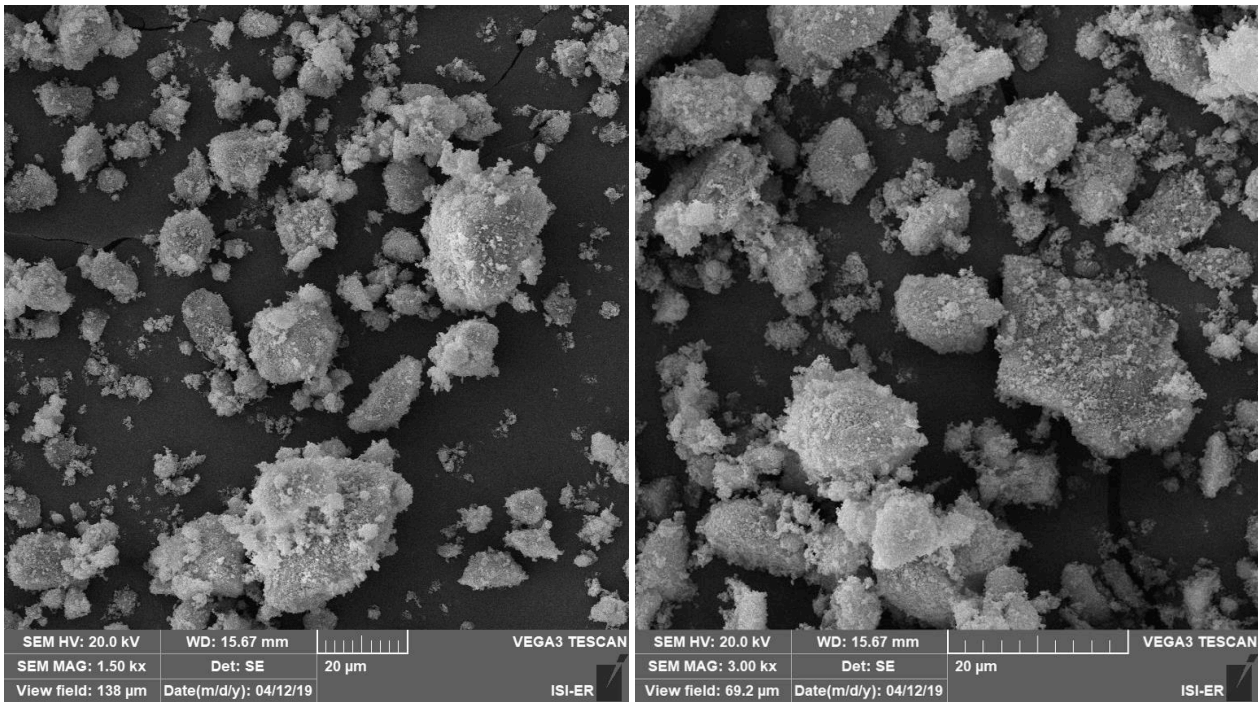


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 072.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

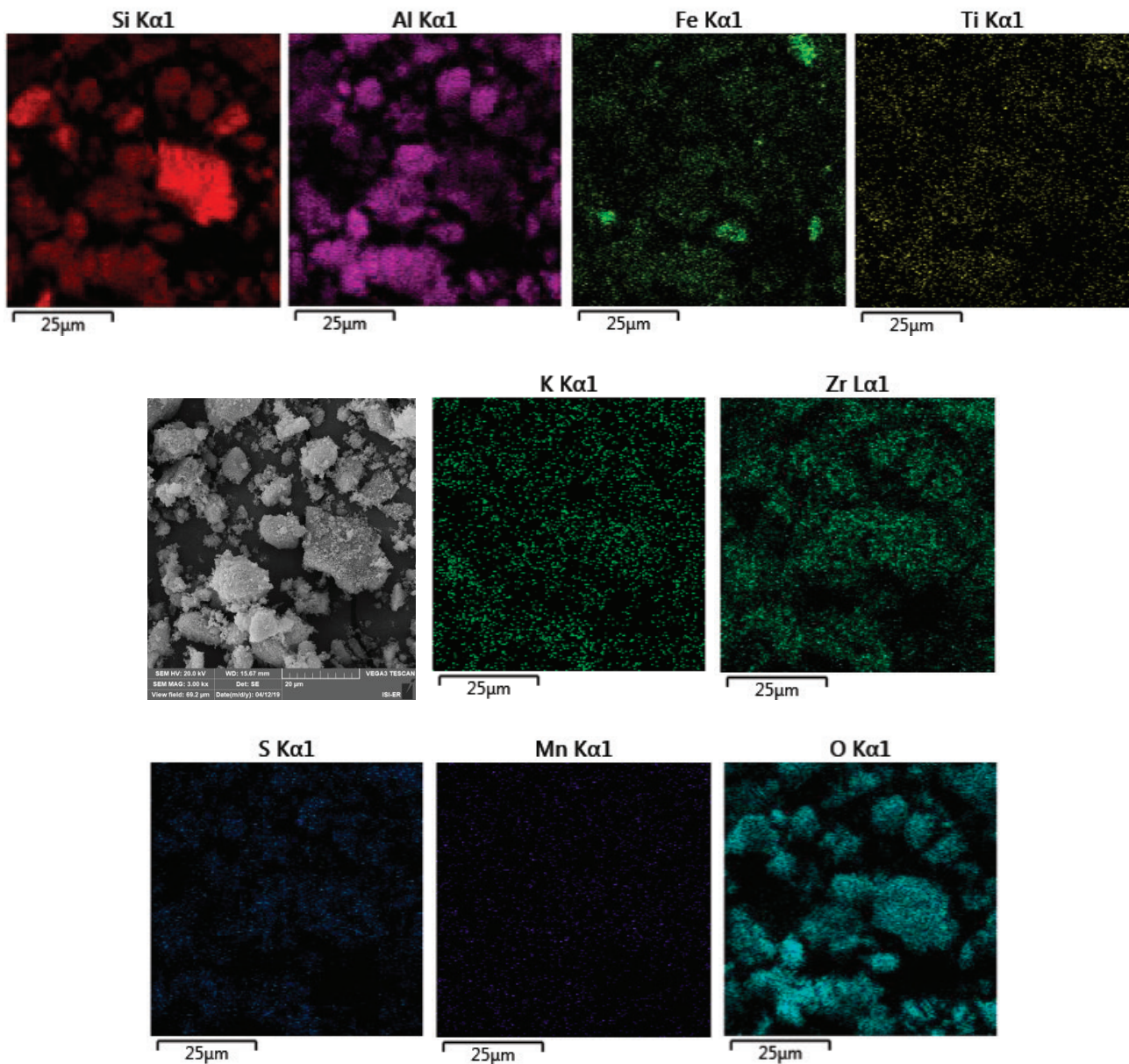


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 072.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 072.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 072	30,52	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 072.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	10,80	89,20
600	23,40	76,60
180	49,60	50,40
53	74,90	25,10
32	75,10	24,90
Aparador	100,00	-

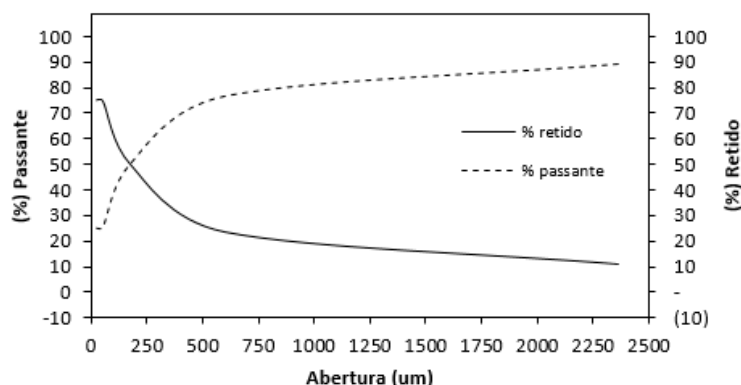


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 072.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 072, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 072 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 072	850°C	0,31 ± 0,07	17,14 ± 0,23	31,68 ± 0,32	1,85 ± 0,01	1,15 ± 0,24
	900°C	0,31 ± 0,02	17,43 ± 0,23	32,26 ± 0,31	1,85 ± 0,01	1,67 ± 0,18
	950°C	0,44 ± 0,04	18,08 ± 0,32	33,38 ± 0,38	1,85 ± 0,01	1,87 ± 0,14

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 072.

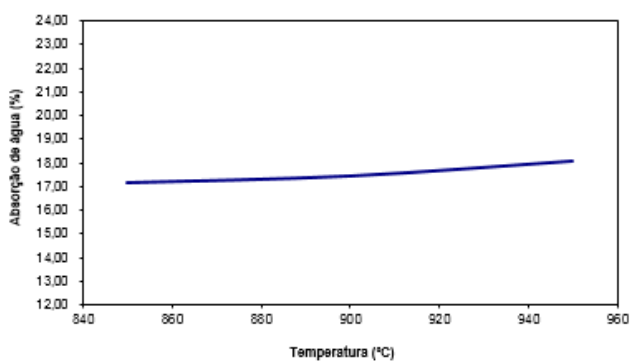


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

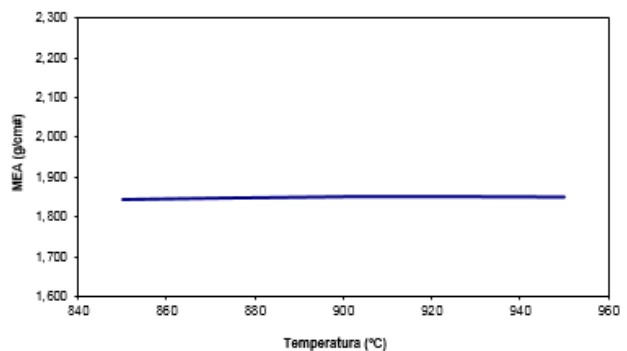


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

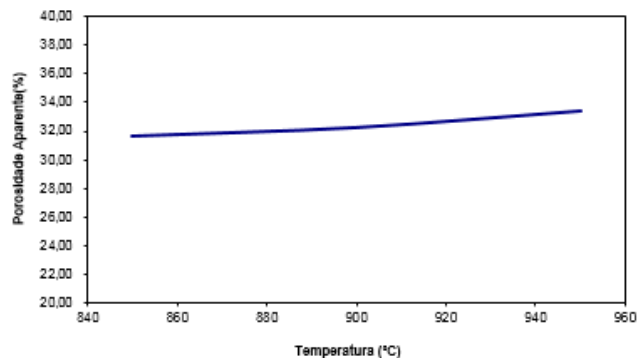


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

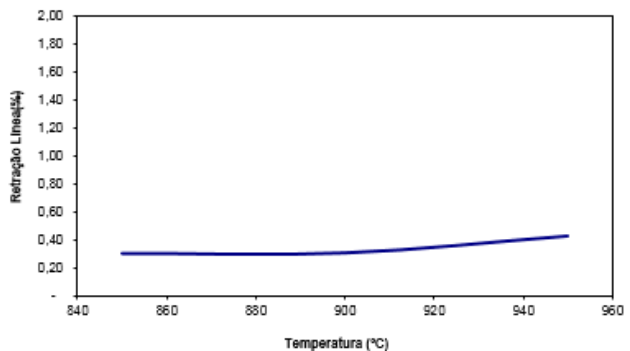


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1097/19-LABEMAT

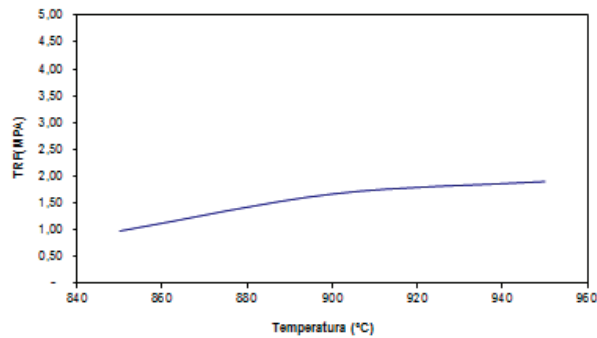






Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 072 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 072				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys K. Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 1097/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 072.

Amostra FFV 072	850°C	900°C	950°C
	Vermelho acinzentado	Vermelho	Vermelho

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 073.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 073.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 703.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 073.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 073.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 073.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 073.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 073.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 073.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 073.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 073.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 073.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 073 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 073

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análise termogravimétrica (TGA) e Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte seqüência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.
- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V)

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 073

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 073 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 073.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 073.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	ZrO ₂	NiO	CuO	ZnO	PF
% em peso	73,79	20,24	2,14	0,55	0,50	0,16	0,07	0,01	0,01	0,01	2,52

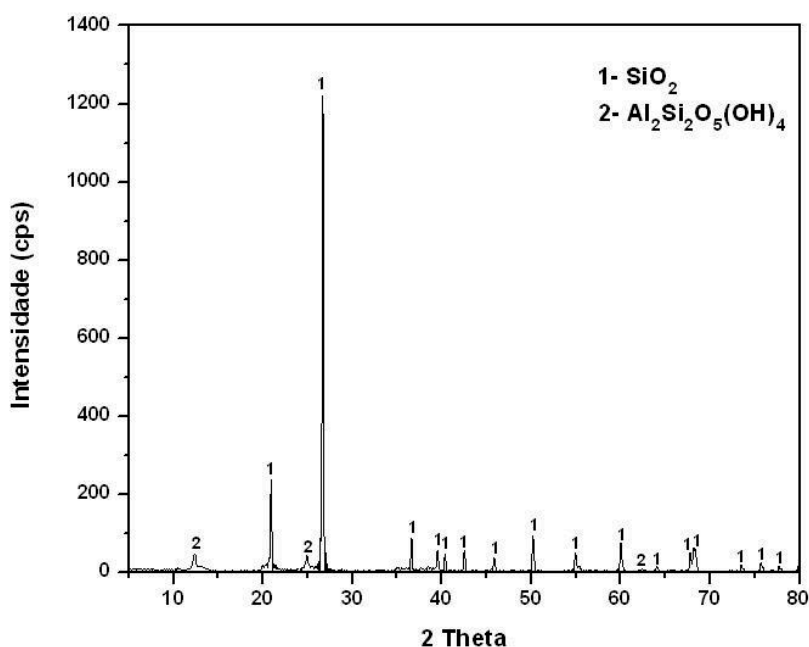


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 703.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 073, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

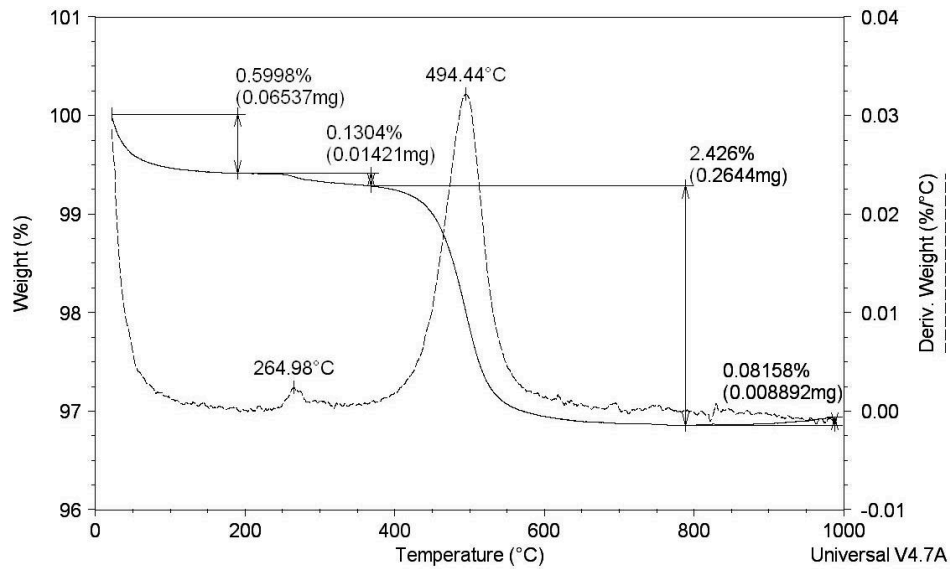


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 073.

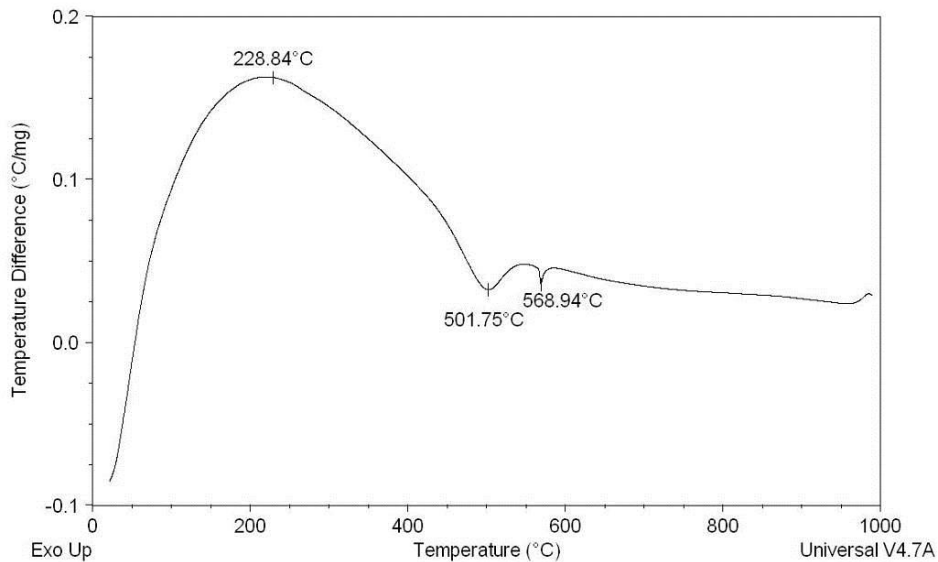


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 073.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 073 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 073 é apresentado na Figura 07.

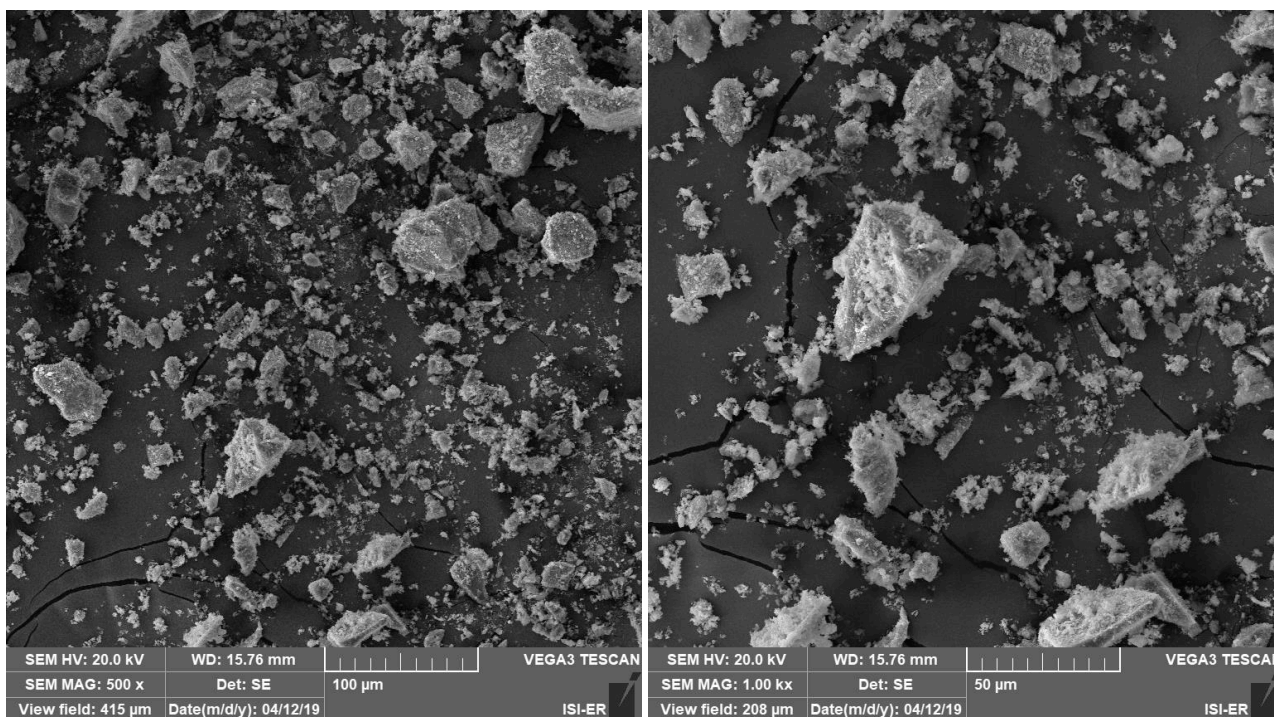


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 073.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

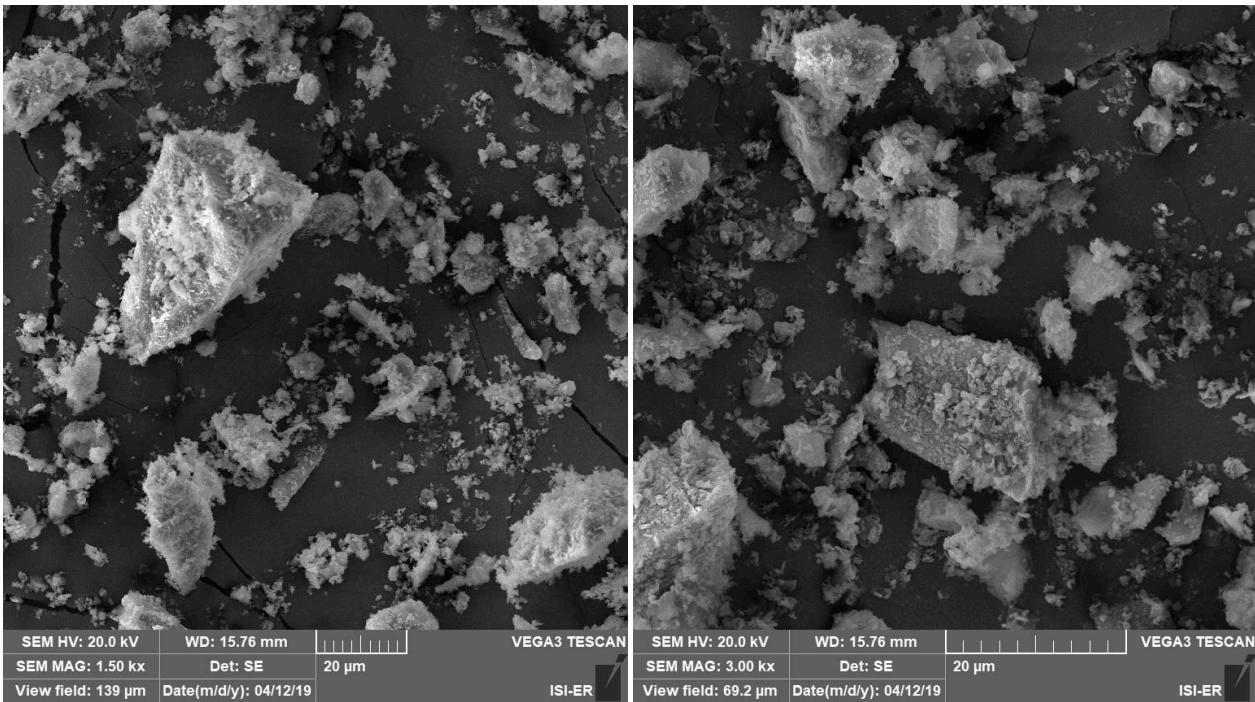


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 073.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

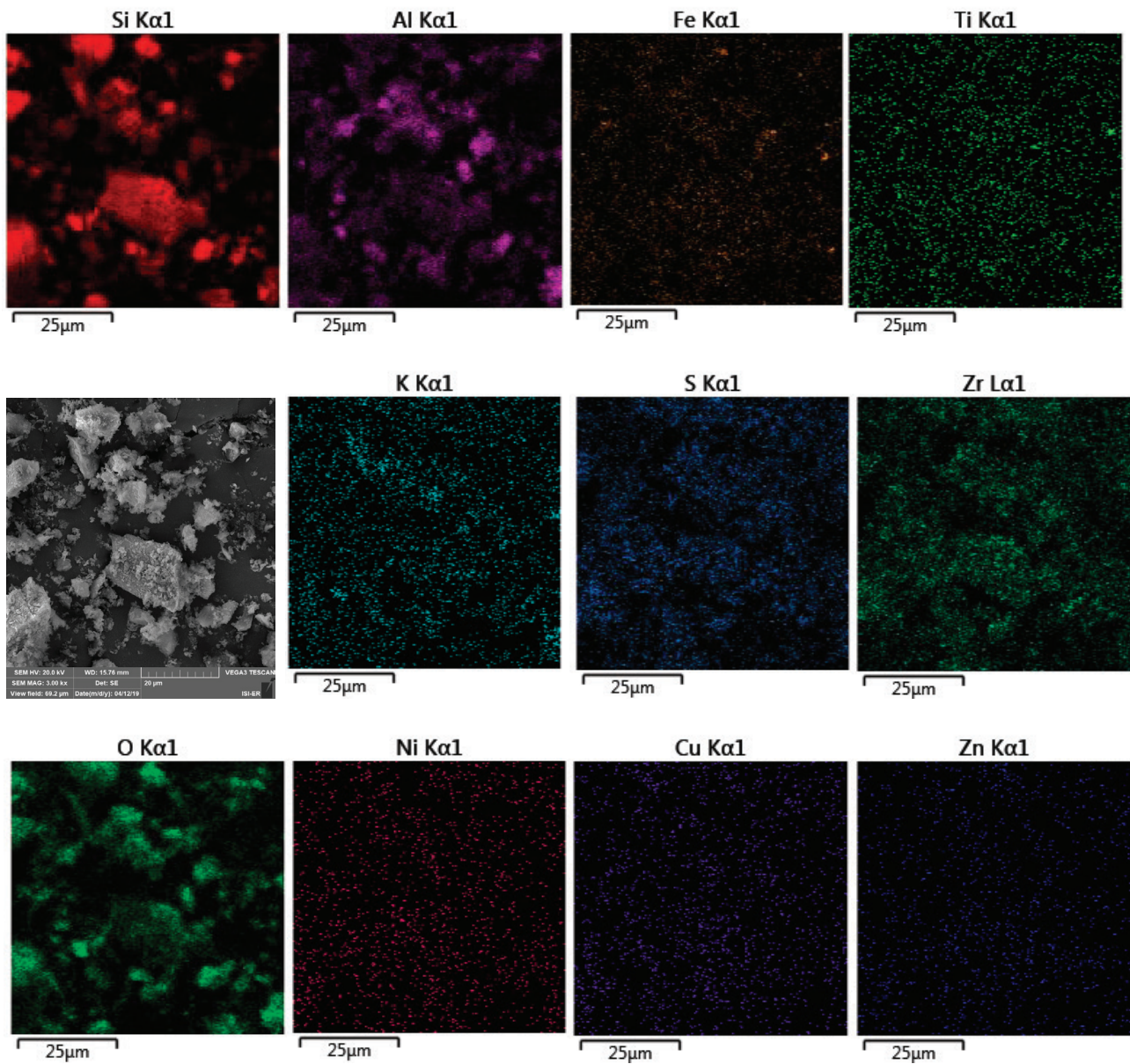


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 073.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 073.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 073	3,36	Fracamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 073.

Abertura (μm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	0,80	99,20
600	12,70	87,30
180	47,20	52,80
53	78,10	21,90
32	80,30	19,70
Aparador	100,00	-

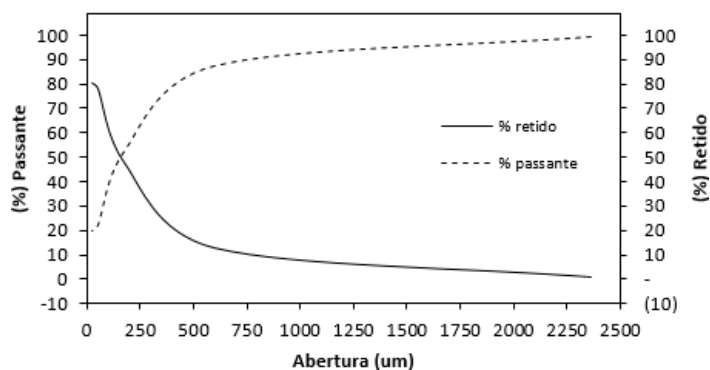


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 073.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 073, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão. As imagens dos corpos de provas antes e após a sinterização são apresentadas no Anexo 01.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 073 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima ($^{\circ}\text{C}$)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm^3)	TRF (Mpa)
FFV 073	850 $^{\circ}\text{C}$	0,25 \pm 0,08	12,28 \pm 0,16	24,13 \pm 0,26	1,96 \pm 0,01	0,81 \pm 0,13
	900 $^{\circ}\text{C}$	0,30 \pm 0,05	12,31 \pm 0,20	24,10 \pm 0,38	1,96 \pm 0,01	0,89 \pm 0,20
	950 $^{\circ}\text{C}$	0,29 \pm 0,04	13,41 \pm 0,58	26,24 \pm 0,81	1,96 \pm 0,03	1,00 \pm 0,18

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 073.

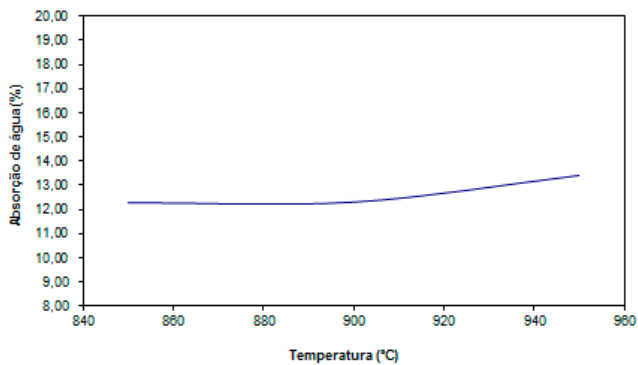


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

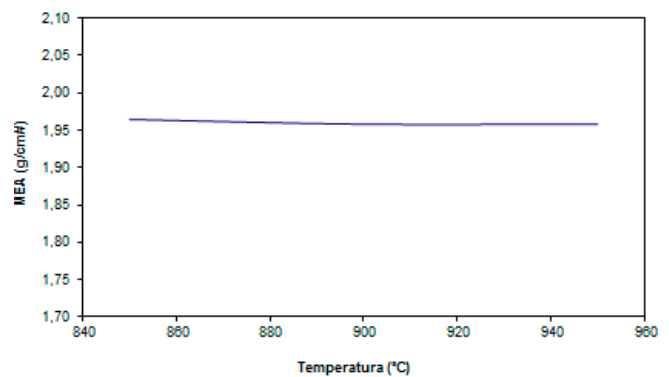


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

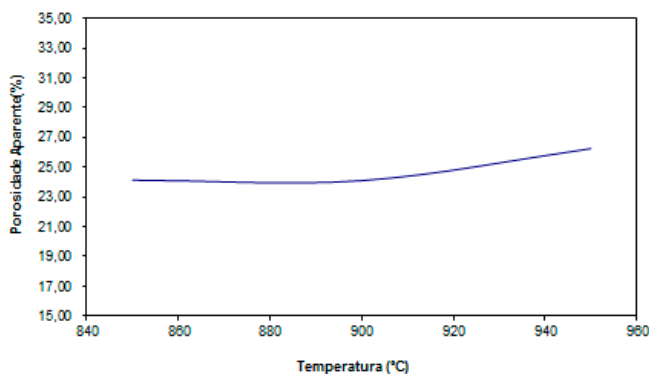


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

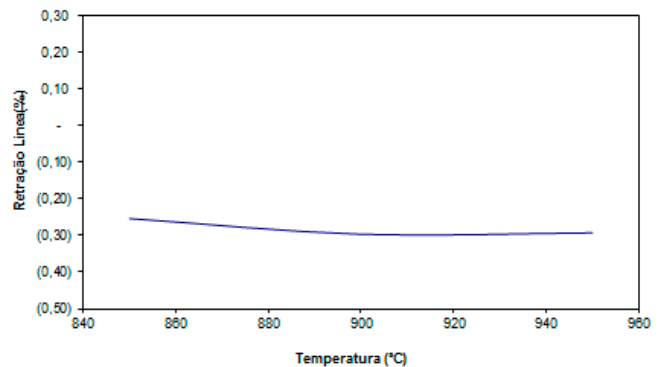


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2143/19-LABEMAT

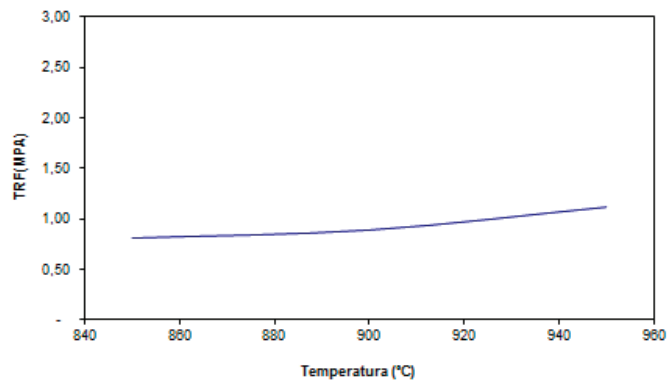


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 073 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 073				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 2143/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 073.

Amostra FFV 073	850°C	900°C	950°C
	Rosa escuro	Rosa	Rosa escuro

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 074.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 074.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 074.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 074.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 074.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 074.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 074.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 074.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 074.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 074.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 074.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 074.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 074 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 074

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteadada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 074

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 074 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 074.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 074.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	ZrO ₂	SrO	ZnO	PF
% em peso	55,99	32,30	2,73	1,35	0,51	0,19	0,04	0,01	0,01	6,87

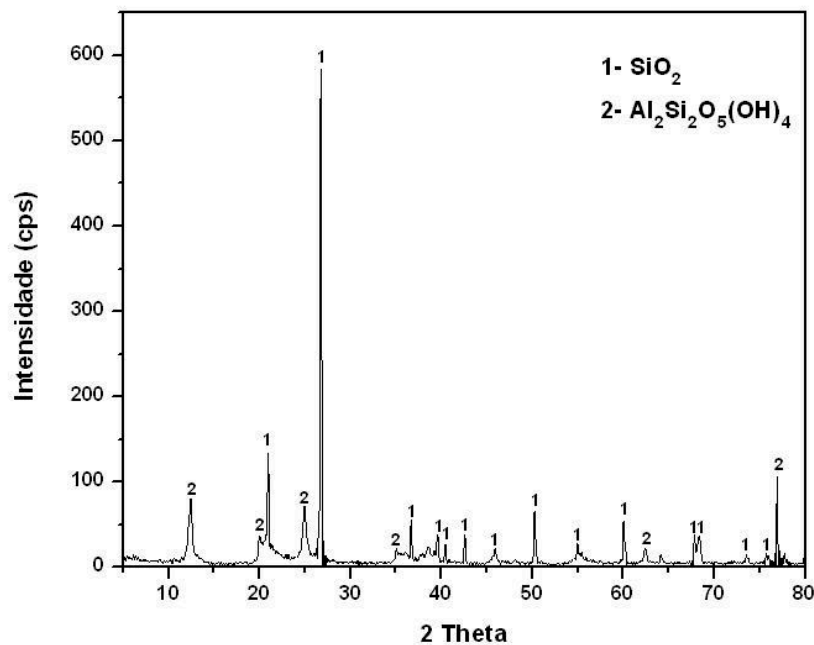


Figura 02 – Difratomia apresentando as fases identificadas na amostra FFV 074.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 074, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

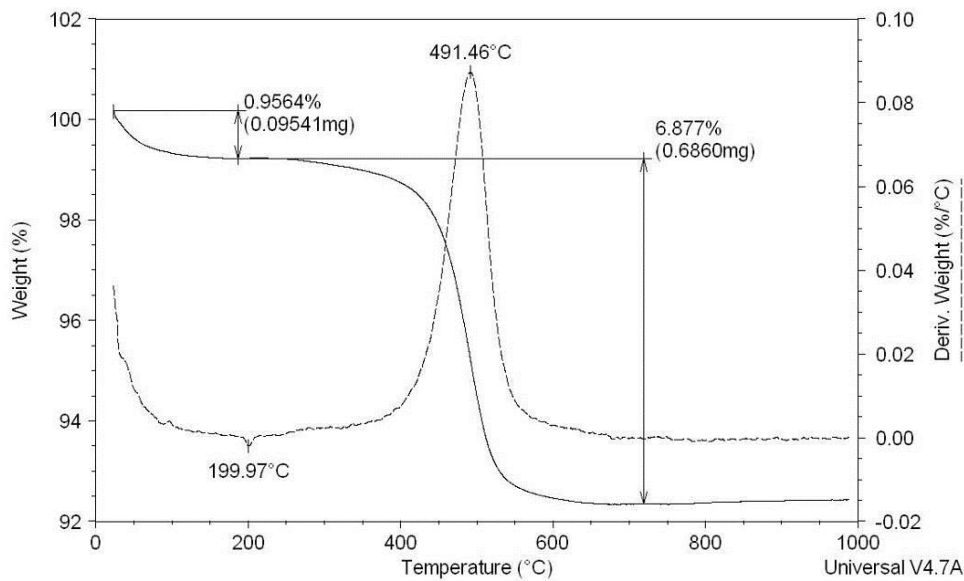


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 074.

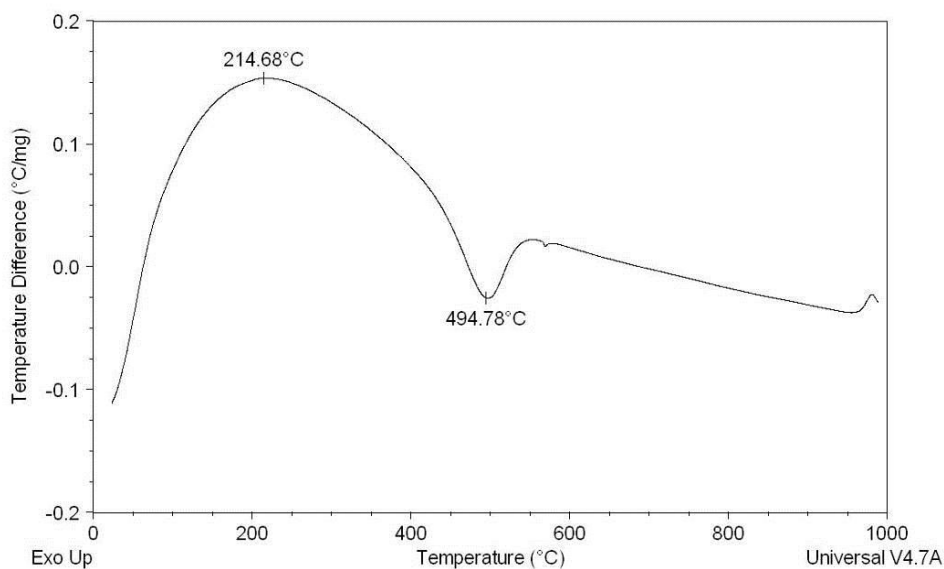


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 074.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 074 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 074 é apresentado na Figura 07.

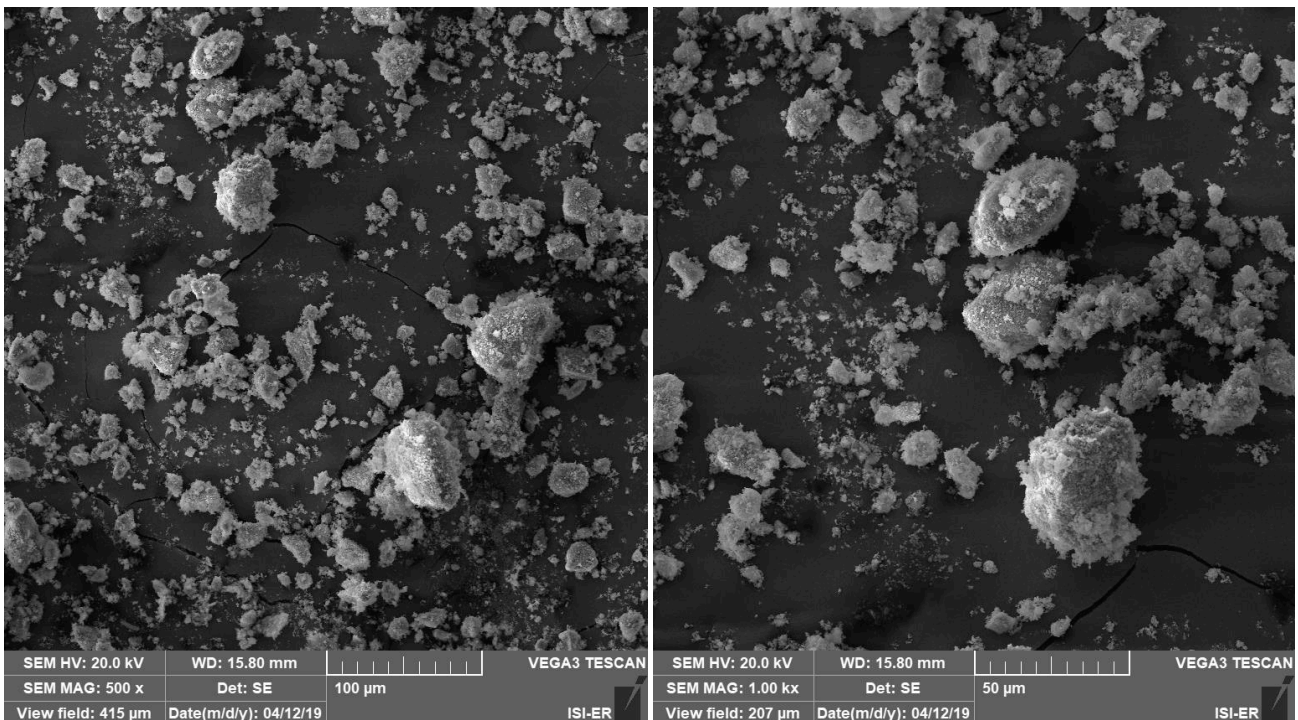


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 074.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

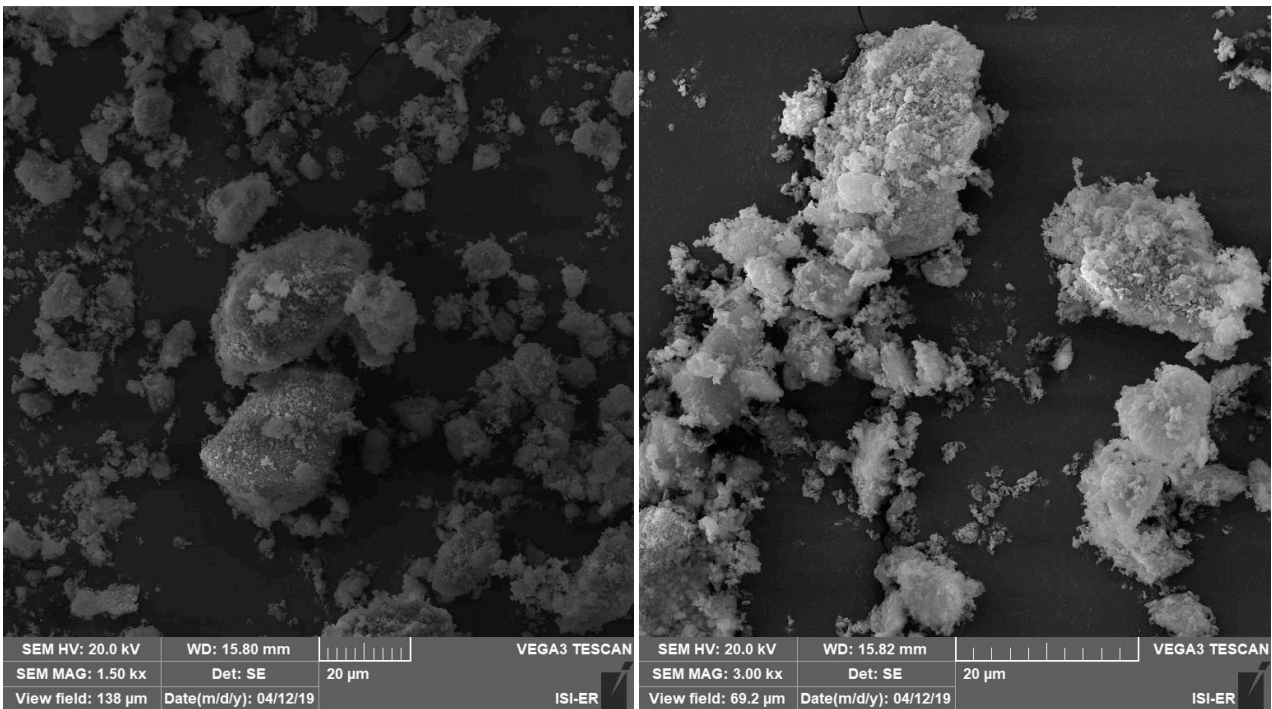


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 074.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

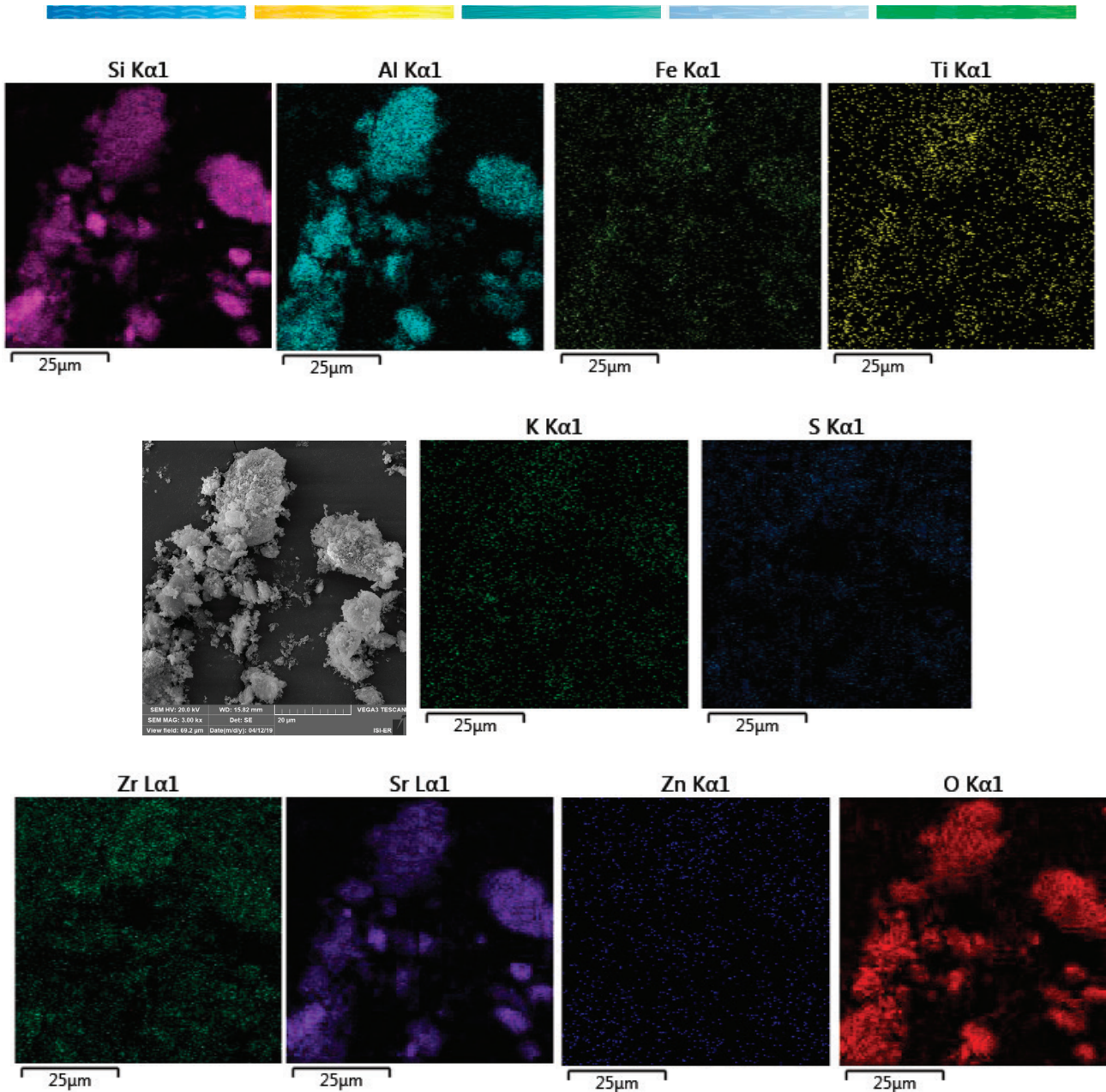


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 074.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 074.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 074	3,79	Fracamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 074.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	0,30	99,70
600	25,70	74,30
180	59,20	40,80
53	77,50	22,50
32	78,10	21,90
Aparador	100,00	-

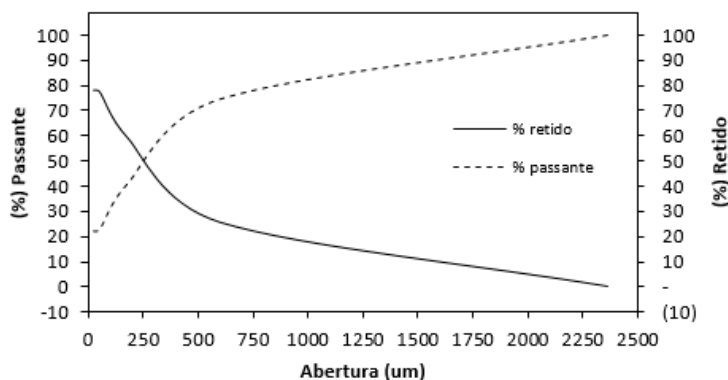


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 074.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 074, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 074 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 074	850°C	0,56 ± 0,07	17,85 ± 0,28	32,15 ± 0,34	1,80 ± 0,01	2,92 ± 0,29
	900°C	0,80 ± 0,09	17,60 ± 0,18	31,93 ± 0,24	1,81 ± 0,01	3,56 ± 0,26
	950°C	1,13 ± 0,06	17,88 ± 0,23	32,74 ± 0,27	1,83 ± 0,01	3,67 ± 0,32

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.

Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.

A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 074.

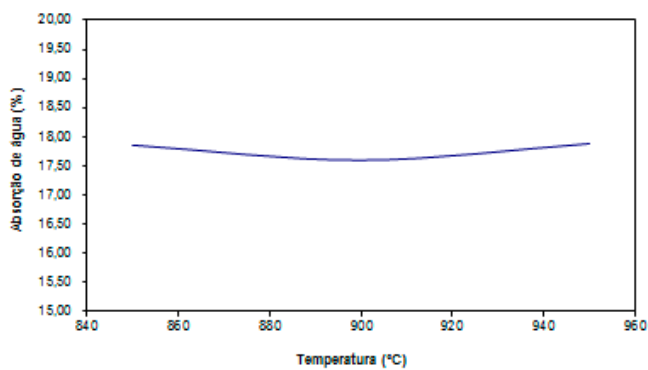


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

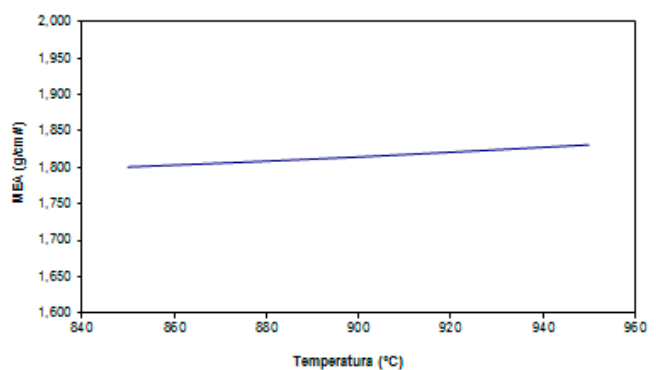


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

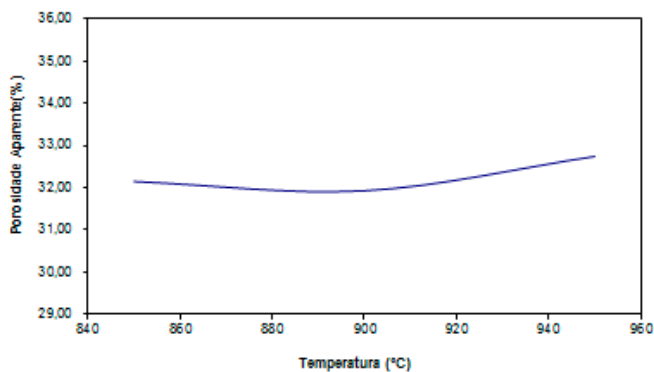


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

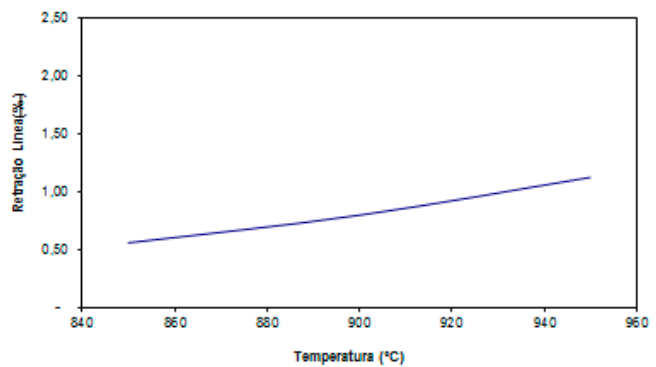


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4161/19-LABEMAT

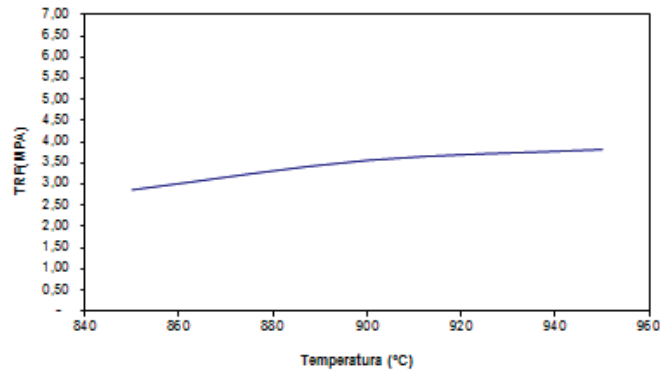



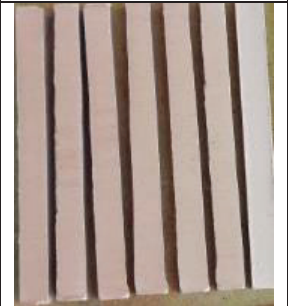


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 074 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 074				


Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys K. Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 4161/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 074.

Amostra FFV 074	850°C	900°C	950°C
	Bege	Bege claro	Bege

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 075.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 075.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 075.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 075.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 075.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 075.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 075.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 075.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 075.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 075.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 075.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 075.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 075 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 075

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

- Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e em seguida foi moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 µm), 28# (600 µm), 80# (180 µm), 270# (53 µm) e 450# (32 µm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 075

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 075 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 075.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 075.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	K ₂ O	SO ₃	ZrO ₂	PF
% em peso	63,01	26,27	3,97	1,09	0,50	0,38	0,11	0,08	4,58

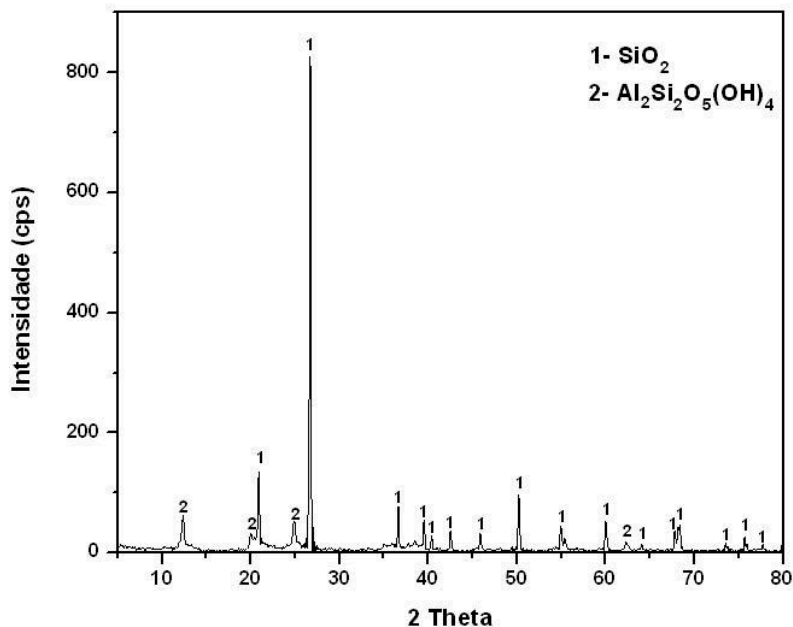


Figura 02 – Difratomia apresentando as fases identificadas na amostra FFV 075.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 075, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

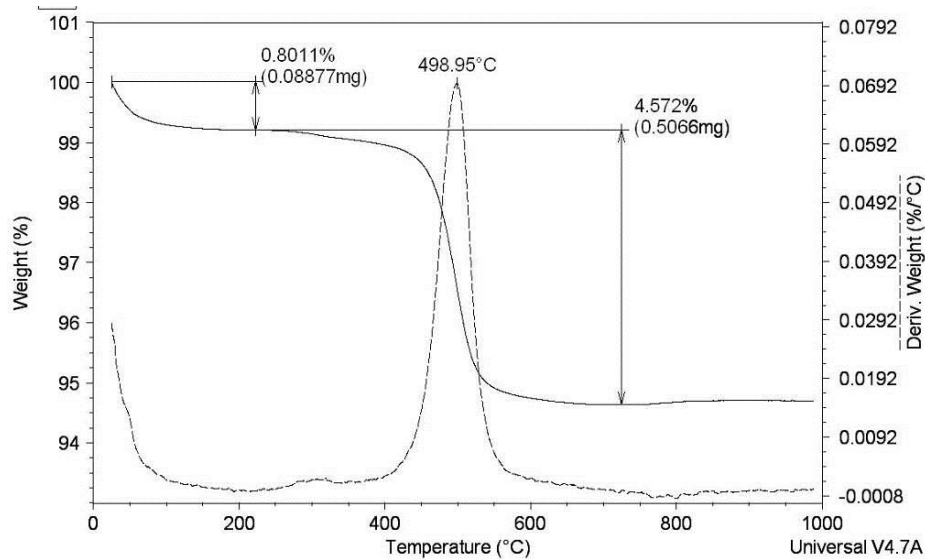


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 075.

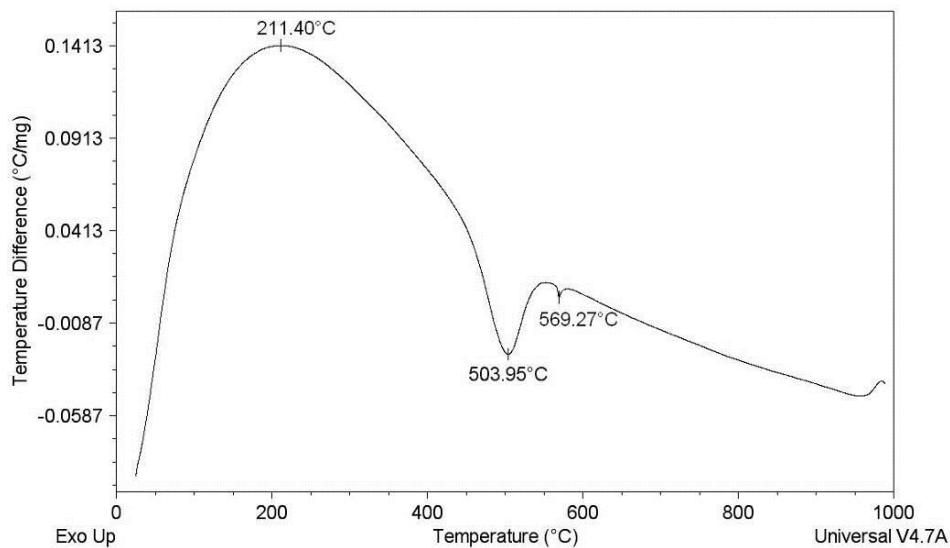


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 075.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 075 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 075 é apresentado na Figura 07.

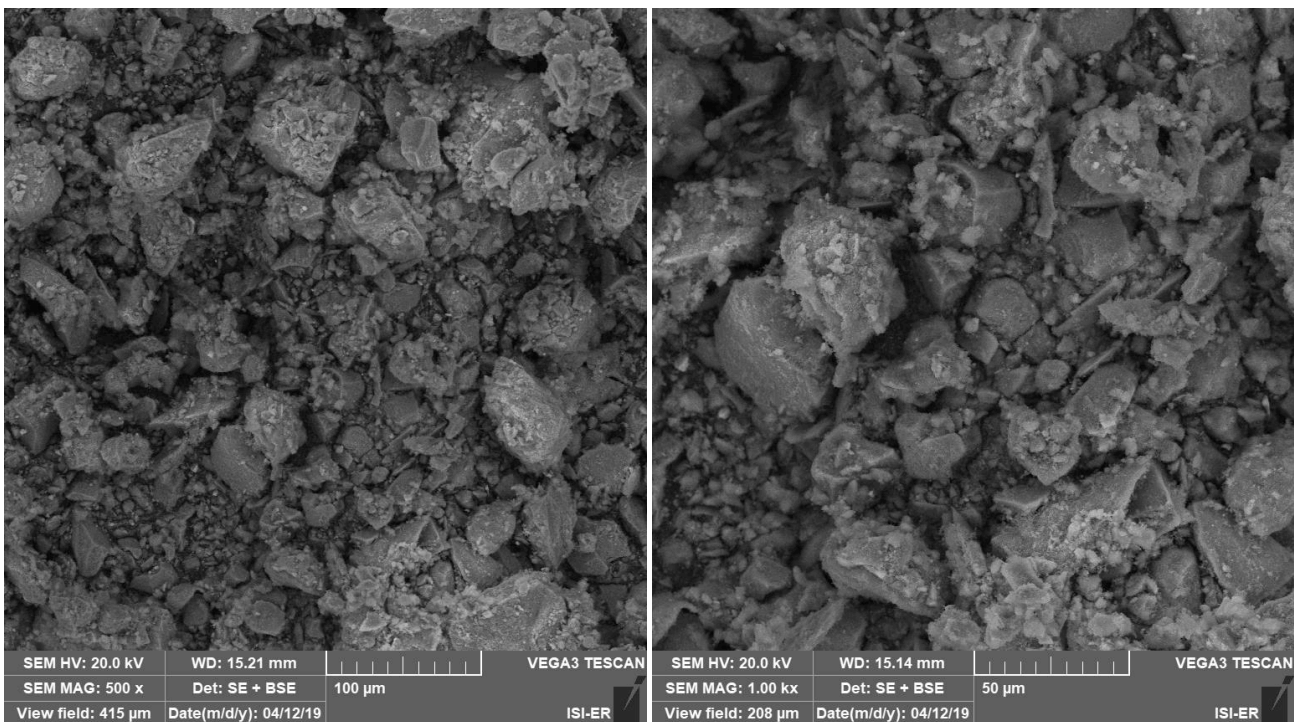


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 075.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

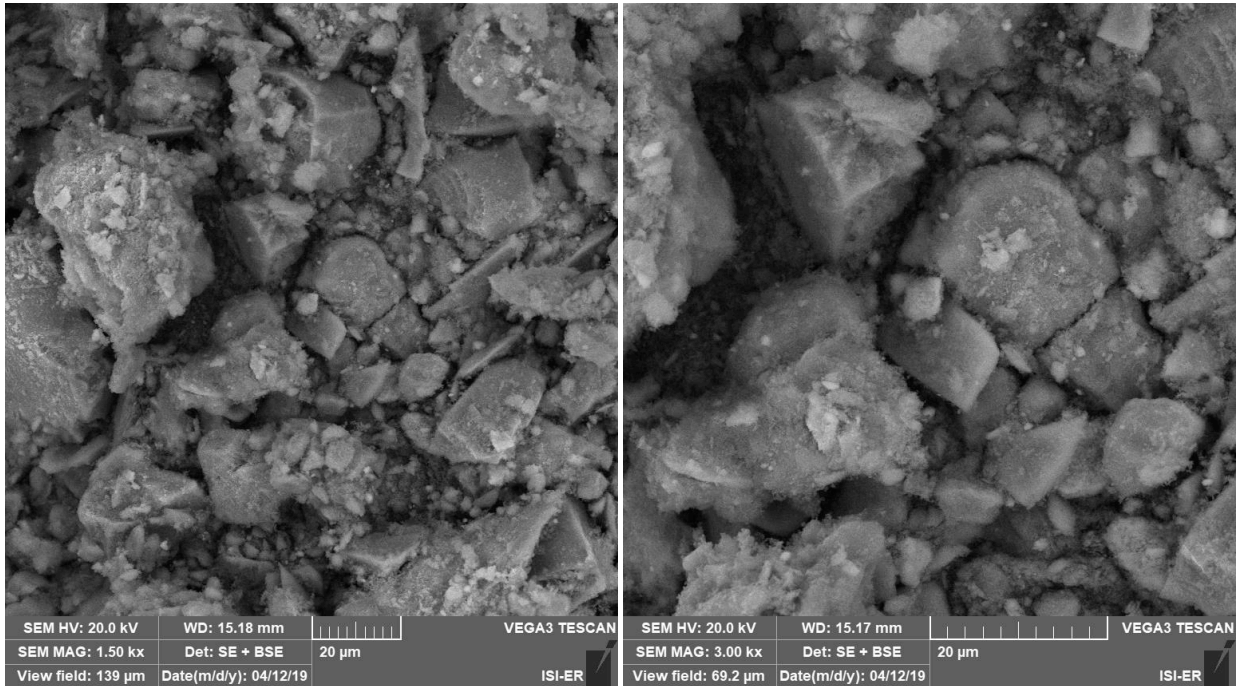


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 075.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

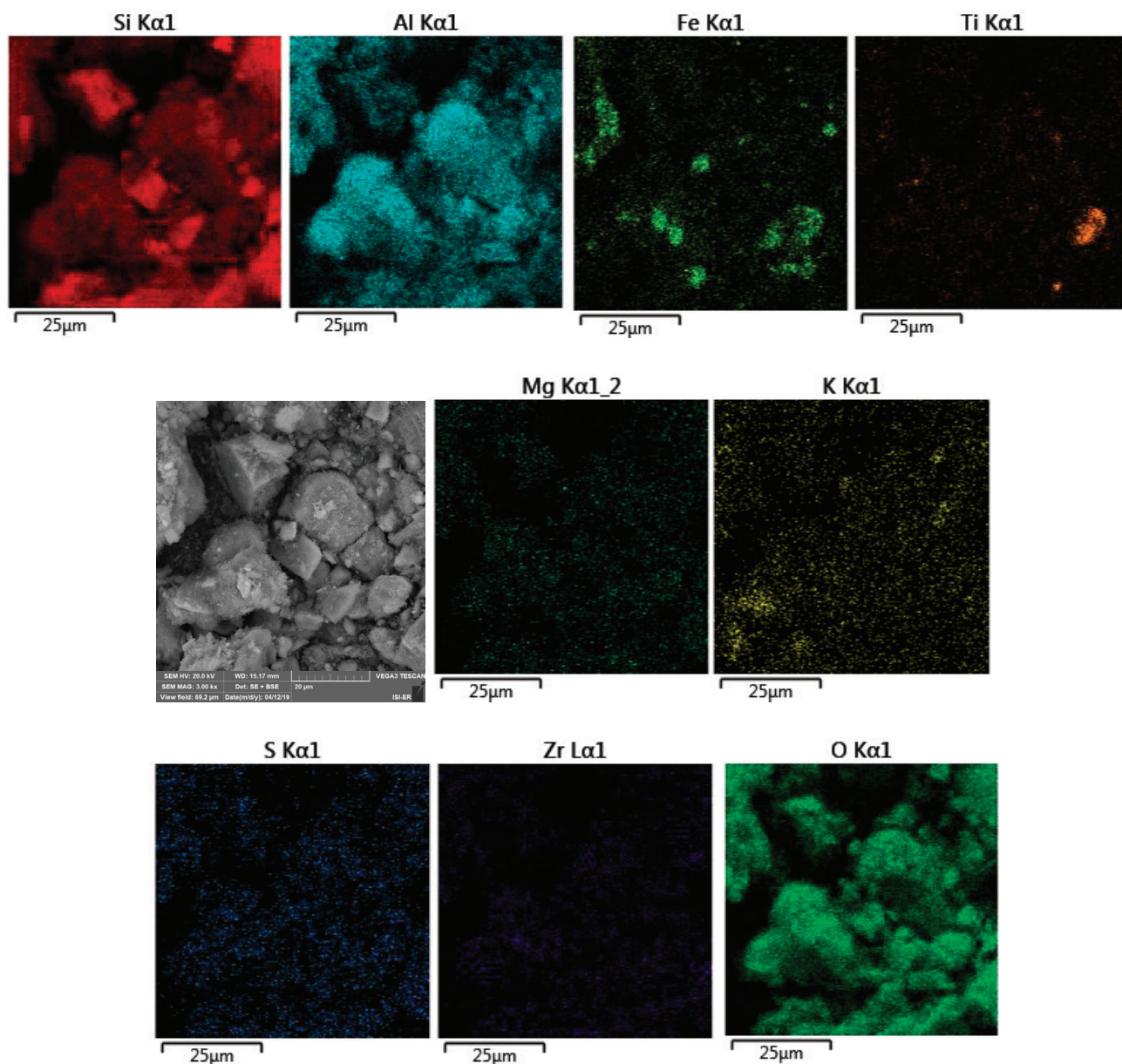


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 075.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 075.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 075	19,26	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 075.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	6,30	93,70
600	20,80	79,20
180	53,10	46,90
53	73,70	26,30
32	74,90	25,10
Aparador	100,00	-

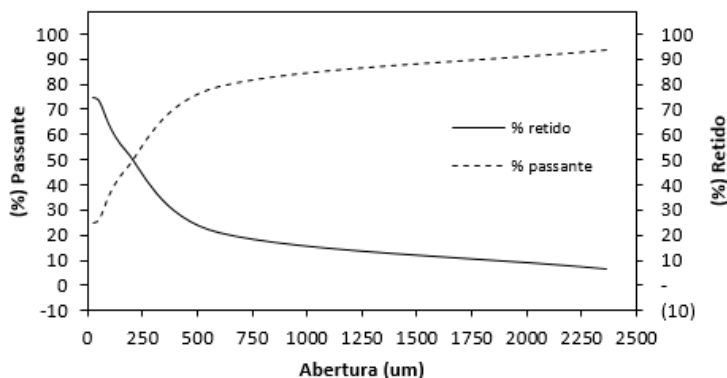


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 075.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 075, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 075 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 075	850°C	0,05 ± 0,02	15,01 ± 0,29	28,53 ± 0,35	1,90 ± 0,01	1,34 ± 0,20
	900°C	0,02 ± 0,01	14,92 ± 0,19	28,44 ± 0,24	1,91 ± 0,01	1,50 ± 0,13
	950°C	0,06 ± 0,03	15,95 ± 0,27	30,61 ± 0,58	1,92 ± 0,05	1,80 ± 0,34

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 075.

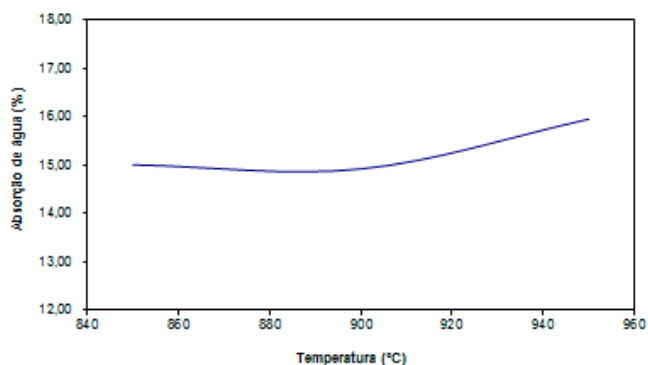


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

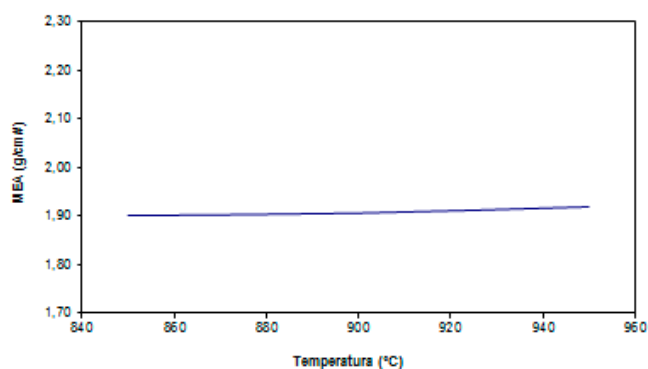


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

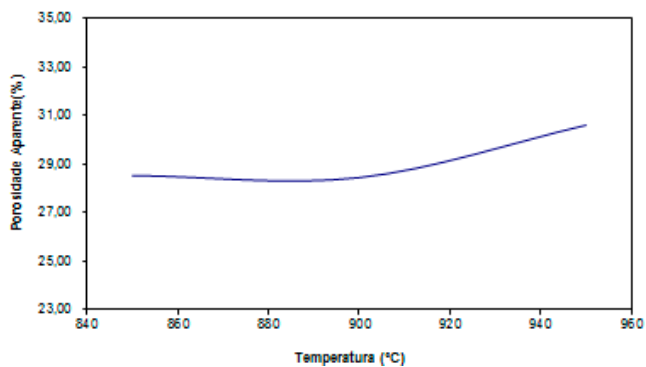


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

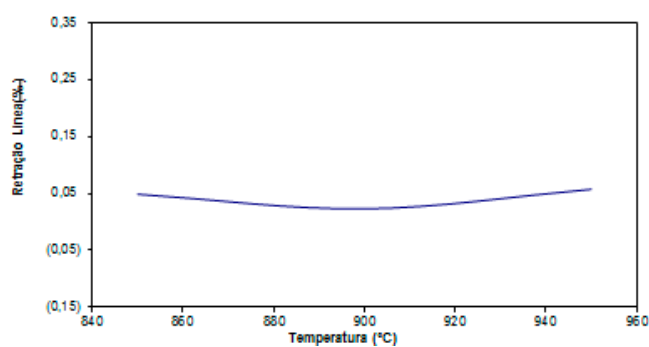


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3868/19-LABEMAT

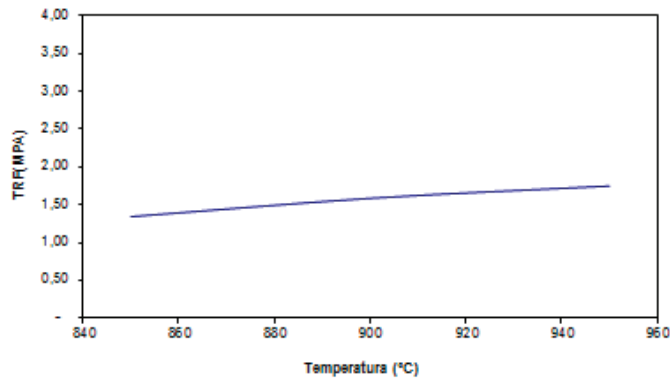


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 075 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 075				


Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys K. Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 3868/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 075.

Amostra FFV 075	850°C	900°C	950°C
	Vermelho	Vermelho	Vermelho

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 076.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 076.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 076.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 076.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 076.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 076.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 076.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 076.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 076.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 076.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 076.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 076.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 076 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 076

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 076

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 076 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 076.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 076.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	ZnO	PF
% em peso	53,21	28,43	10,66	1,05	0,12	0,11	0,02	6,41

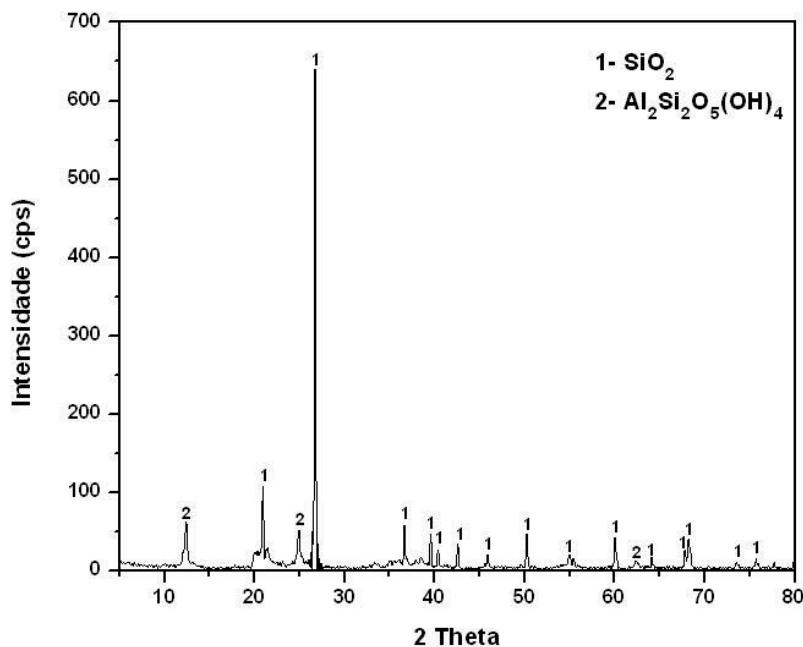


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 076.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 076, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

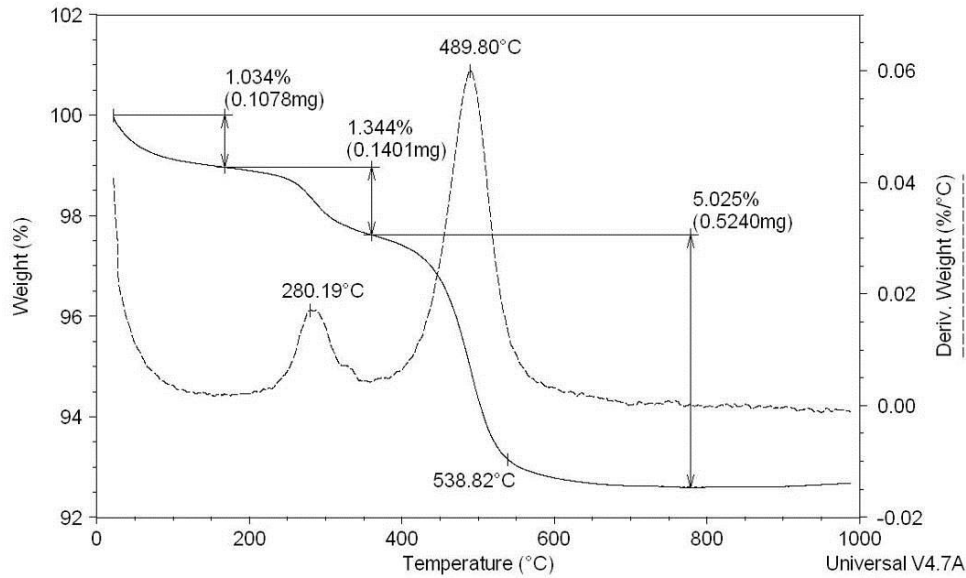


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 076.

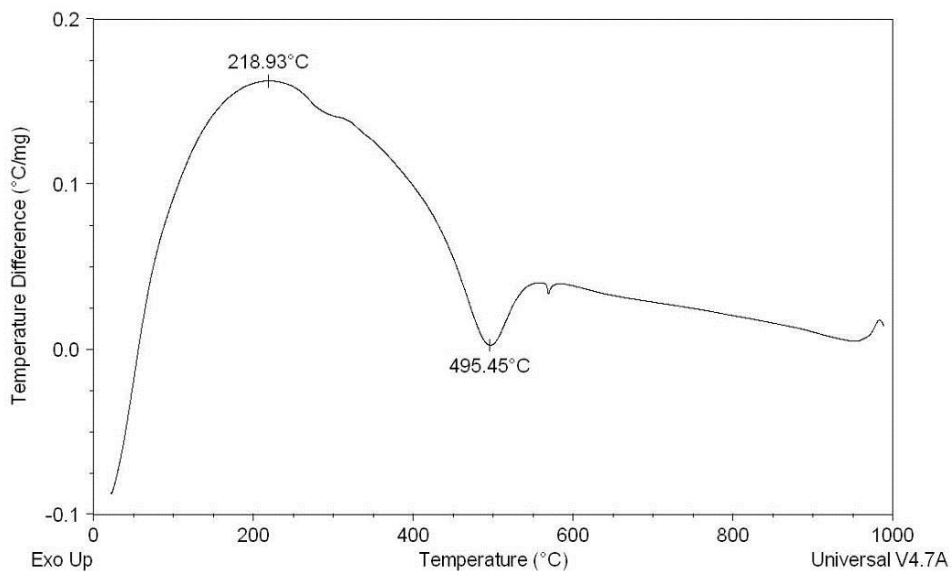


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 076.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 076 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 076 é apresentado na Figura 07.

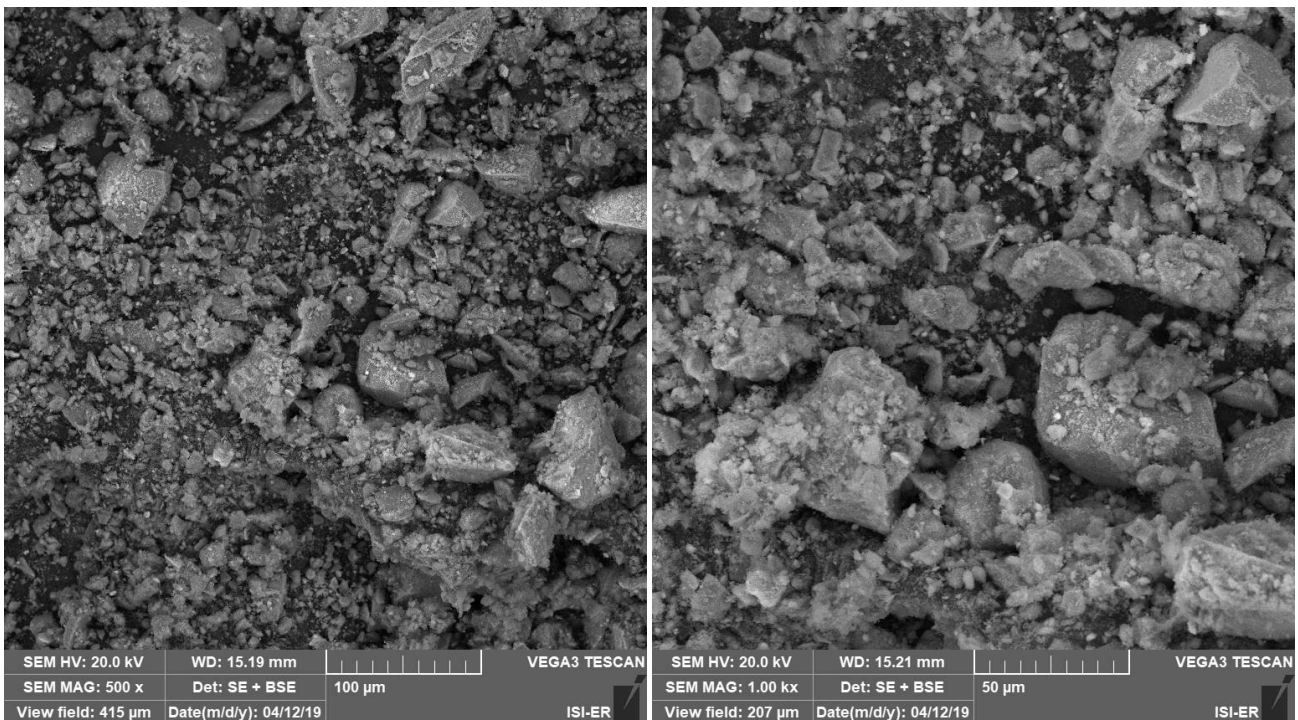


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 076.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

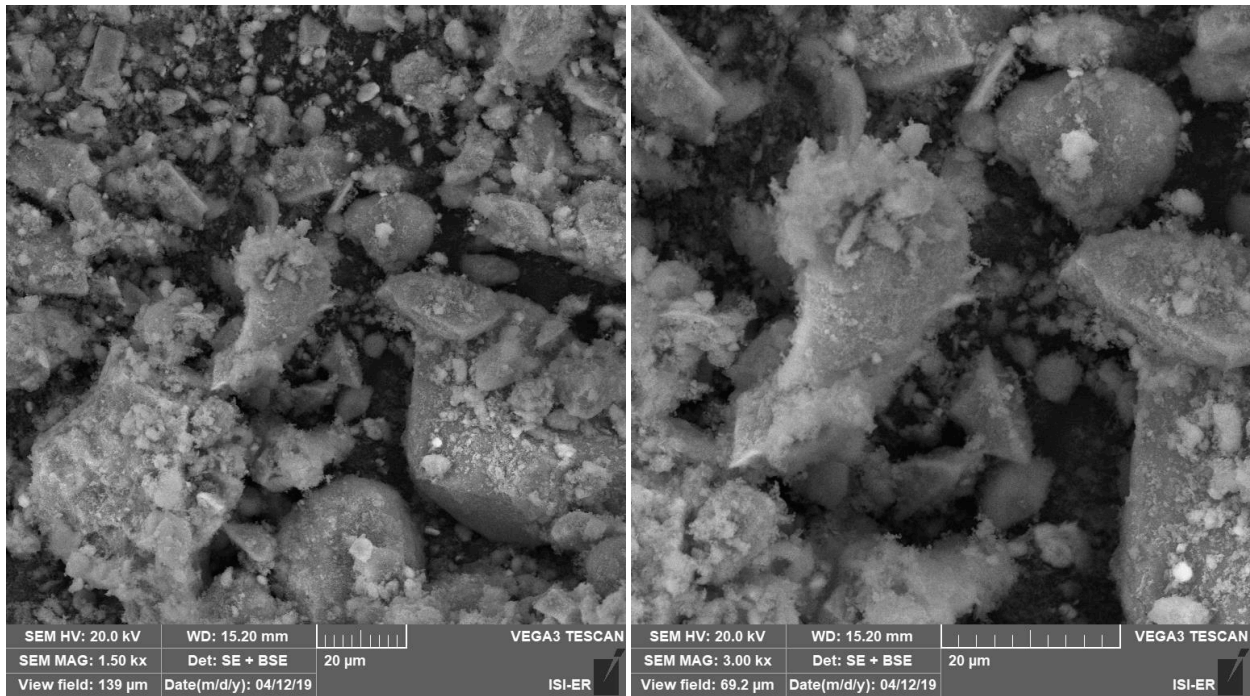


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 076.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

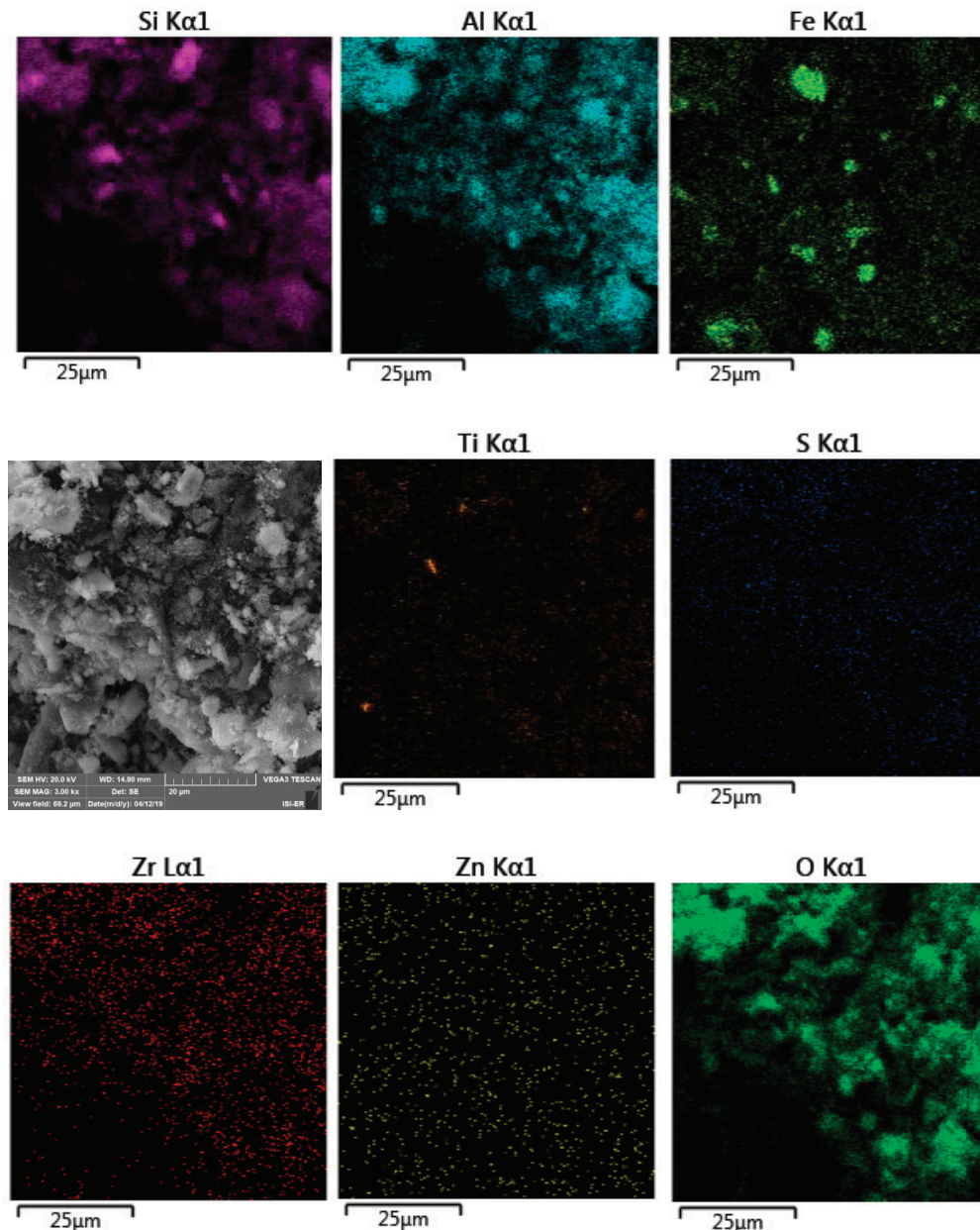


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 076.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 076.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 076	21,02	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 076.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	6,70	93,30
600	24,10	75,90
180	47,00	53,00
53	56,50	43,50
32	56,90	43,10
Aparador	100,00	-

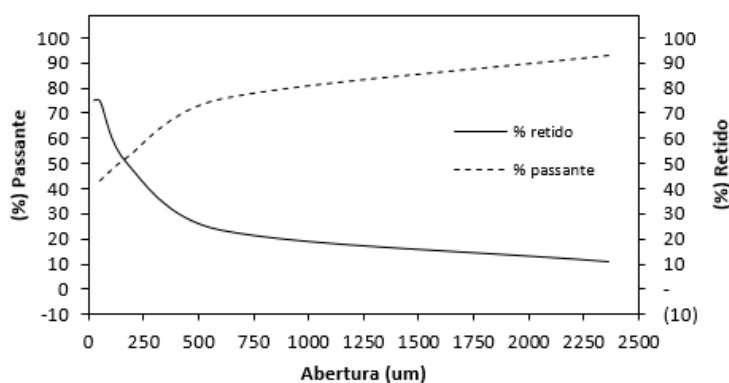


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 076.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 076, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 076 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 076	850°C	0,13 ± 0,05	15,59 ± 0,09	29,39 ± 0,12	1,89 ± 0,07	1,40 ± 0,72
	900°C	0,15 ± 0,05	15,53 ± 0,30	29,31 ± 0,39	1,89 ± 0,01	1,85 ± 0,27
	950°C	0,25 ± 0,04	16,05 ± 0,11	30,42 ± 0,16	1,90 ± 0,00	2,02 ± 0,35

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 076.

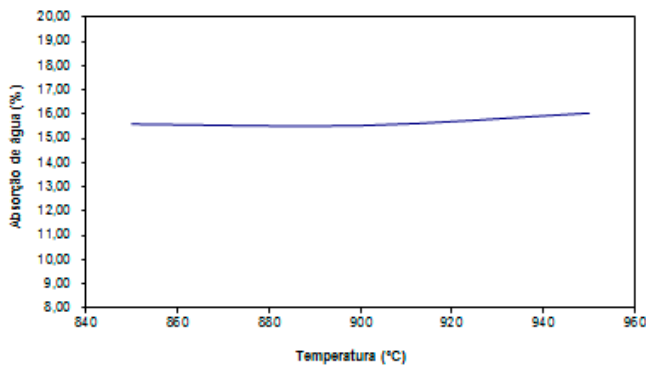


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

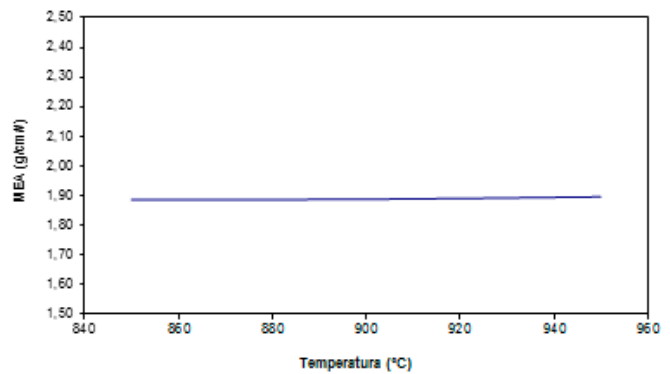


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

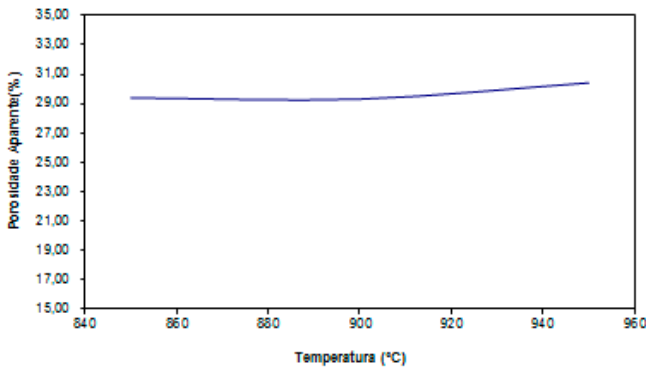


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

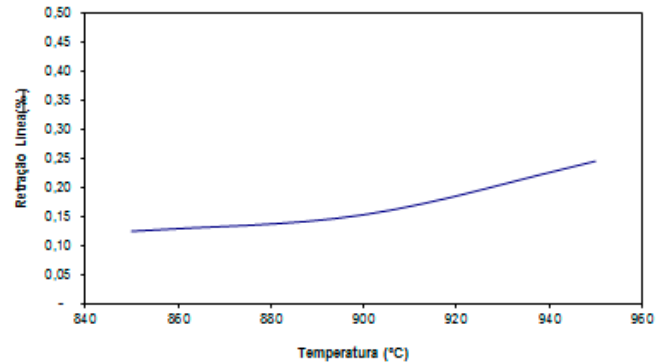


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2623/19-LABEMAT

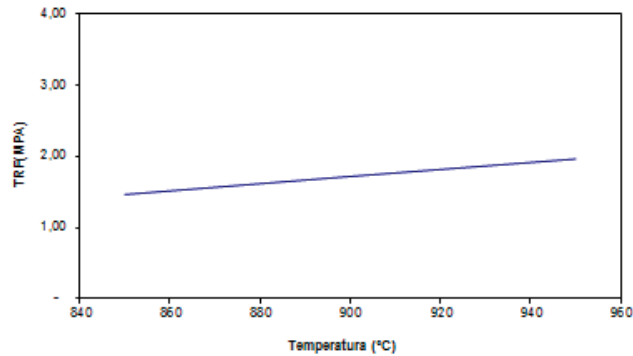


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 076 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 076				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 2623/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 076.

Amostra FFV 076	850°C	900°C	950°C
	Coral	Coral	Coral

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 077.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 077.....	5
Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 077.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 077.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 077.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 077.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 077.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 077.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 077.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 077.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 077.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 077.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 077 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 077

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 077

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 077 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 077.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 077.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	MnO	ZnO	PF
% em peso	51,51	32,64	5,35	2,00	0,76	0,14	0,04	0,02	0,01	7,53

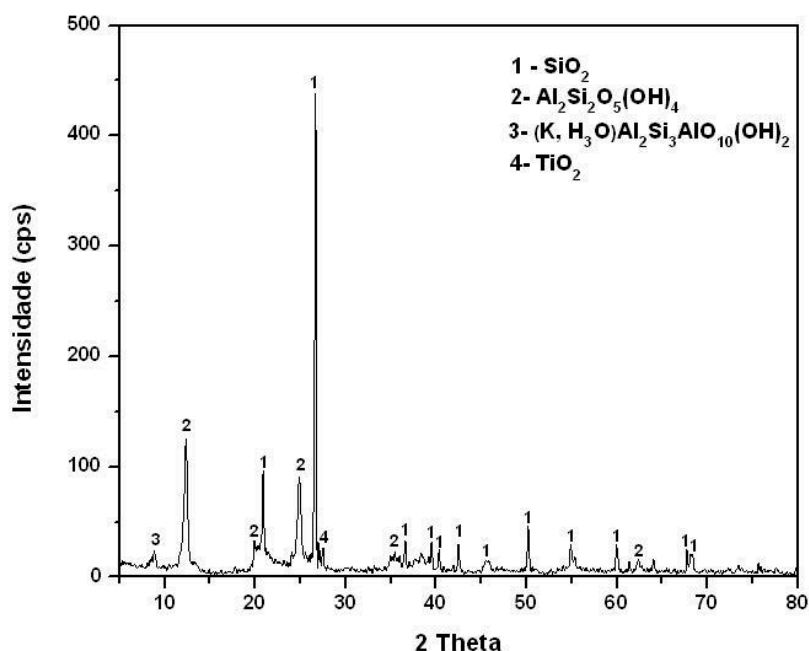


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 077.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 077, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

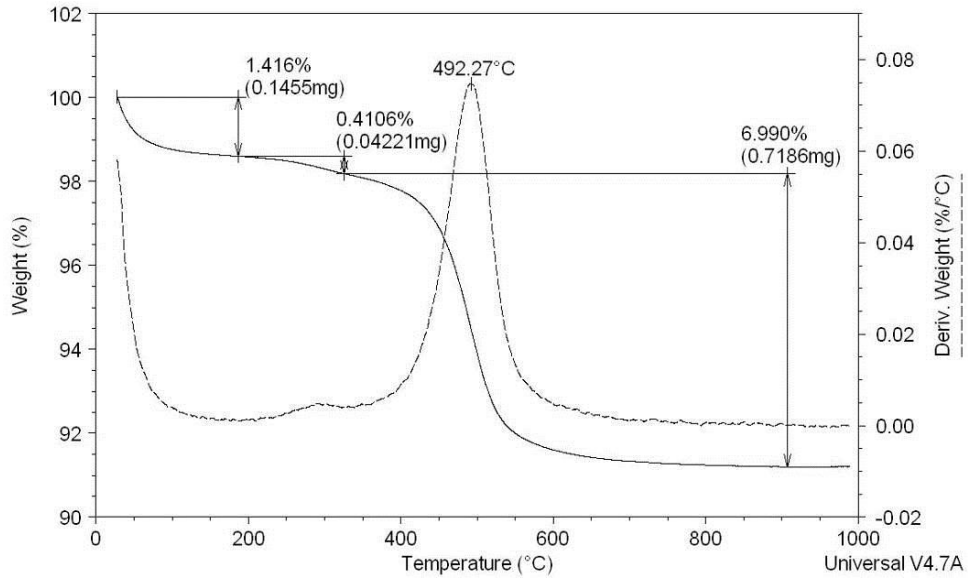


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 077.

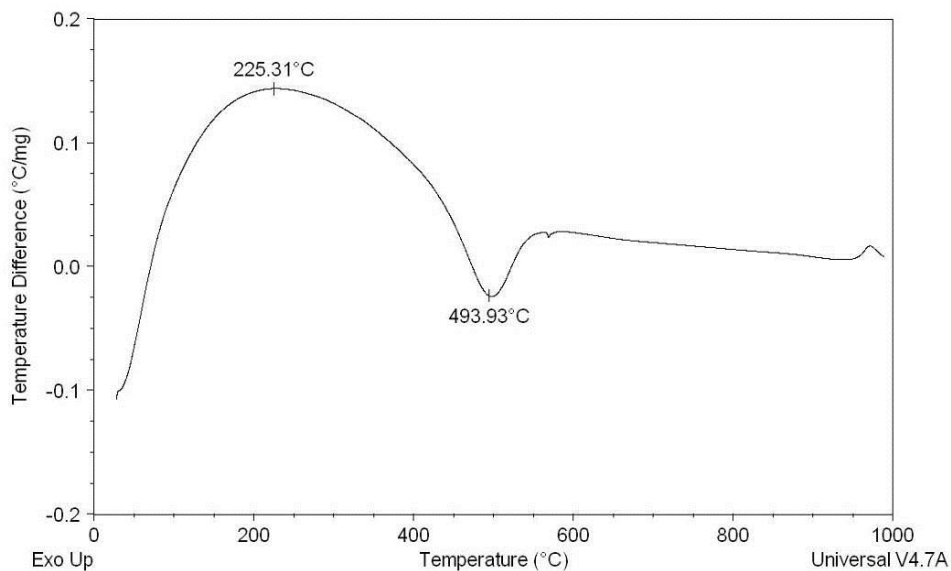


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 077.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 077 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 077 é apresentado na Figura 07.

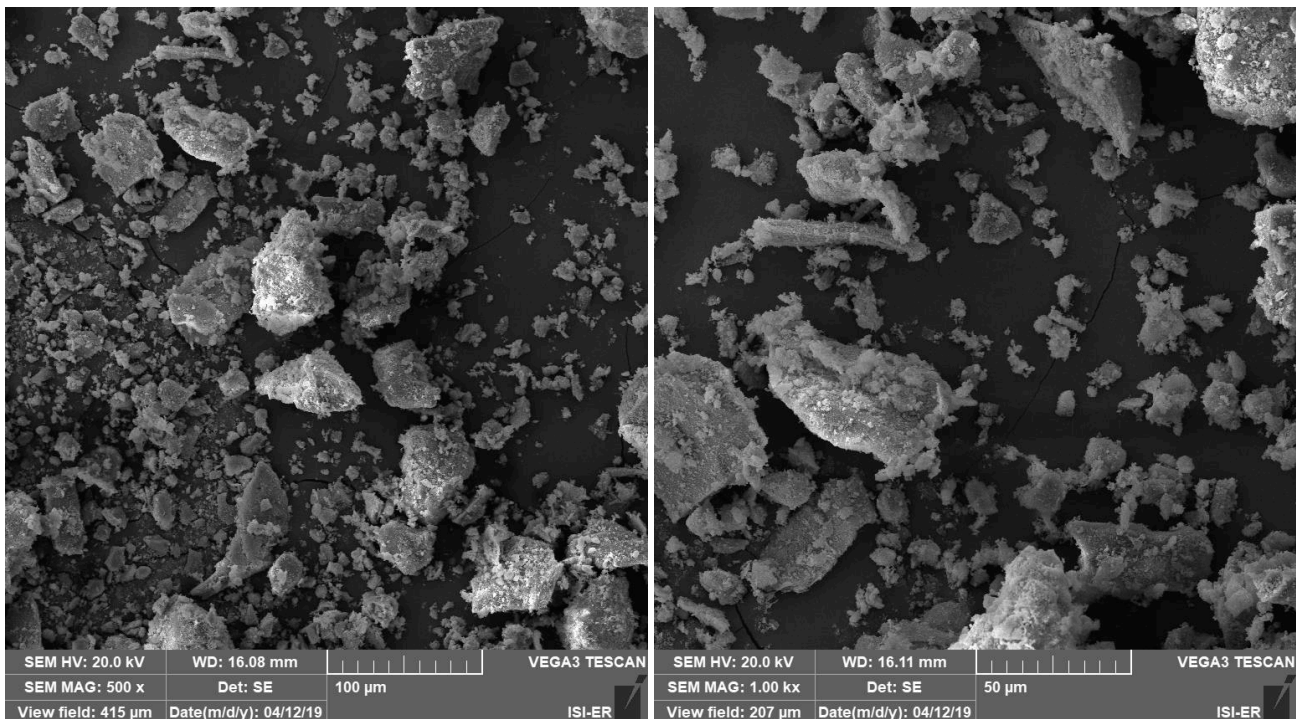


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 077.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

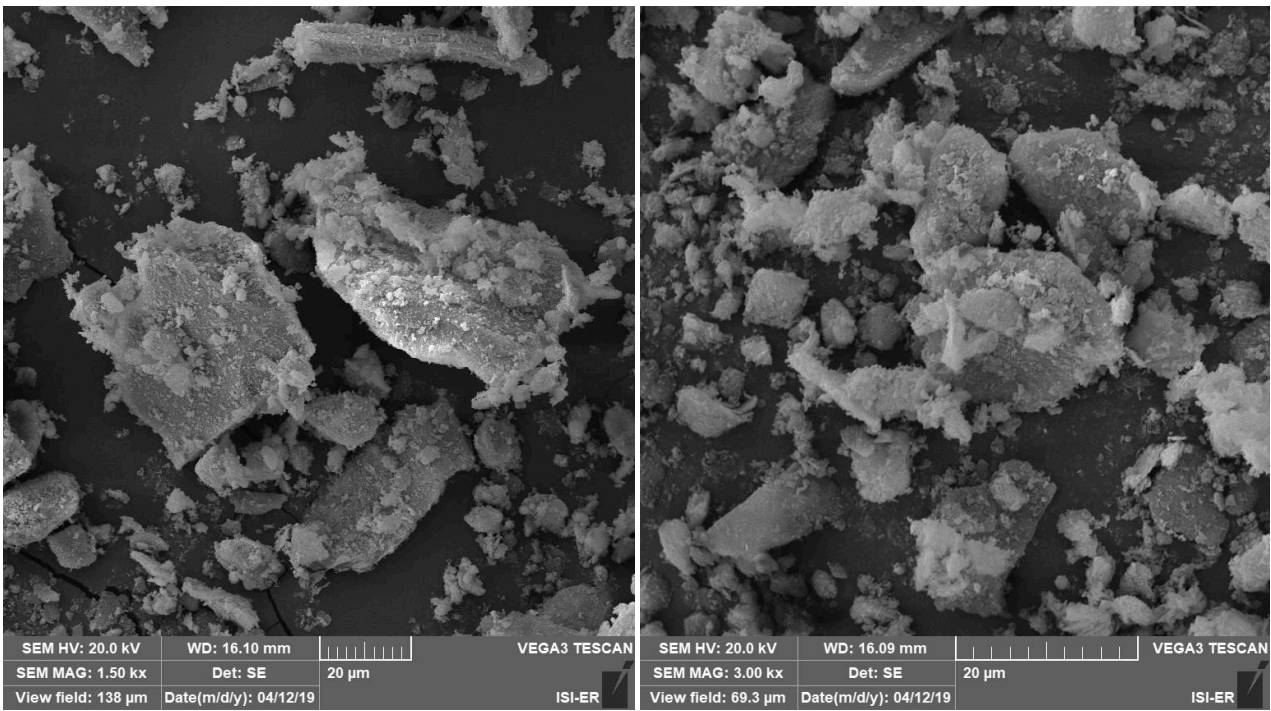


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 077.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

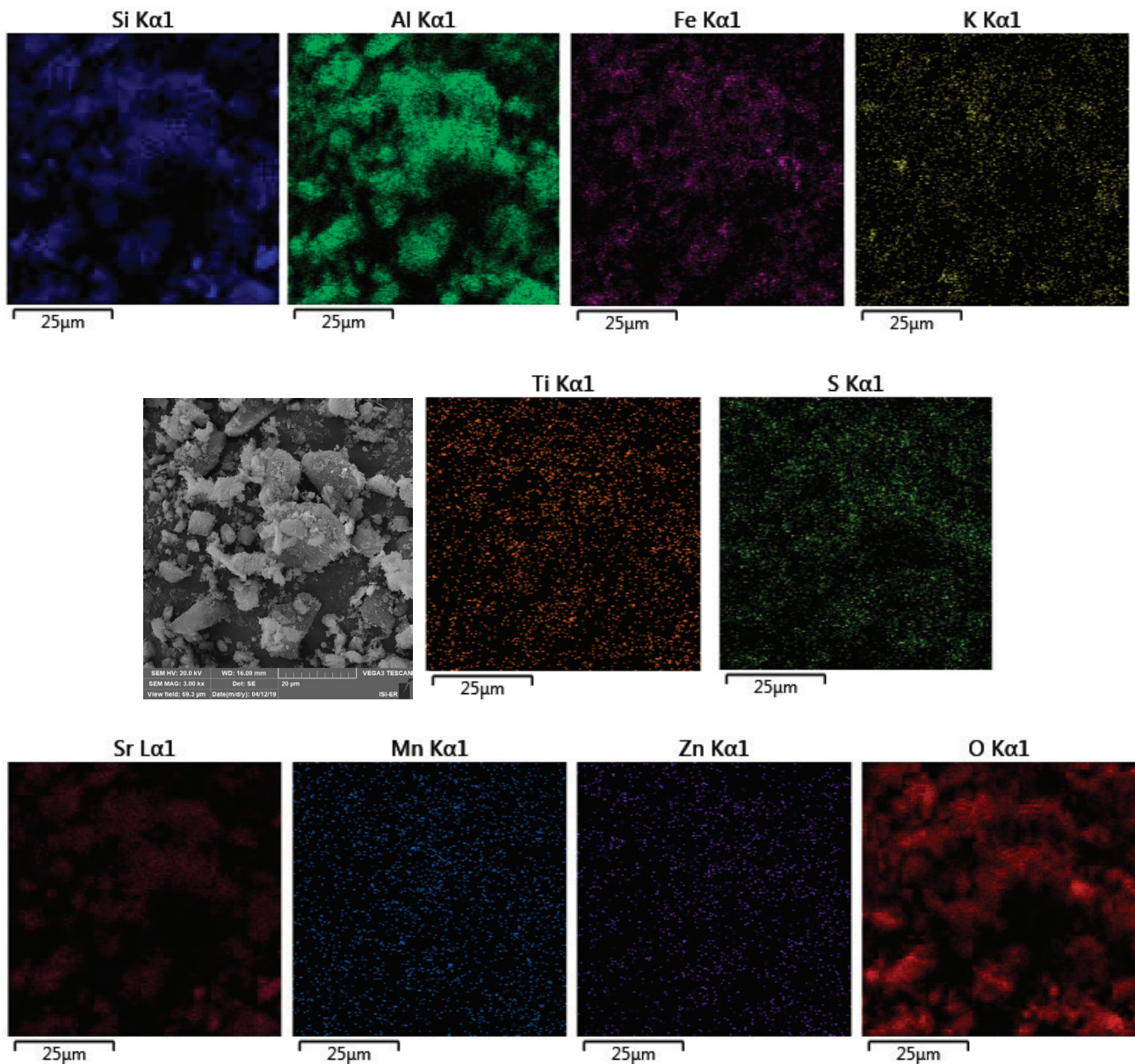


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 077.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 077.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 077	8,01	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 077.

Abertura (μm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	1,40	98,60
600	13,70	86,30
180	33,30	66,70
53	50,10	49,90
32	52,60	47,40
Aparador	100,00	-

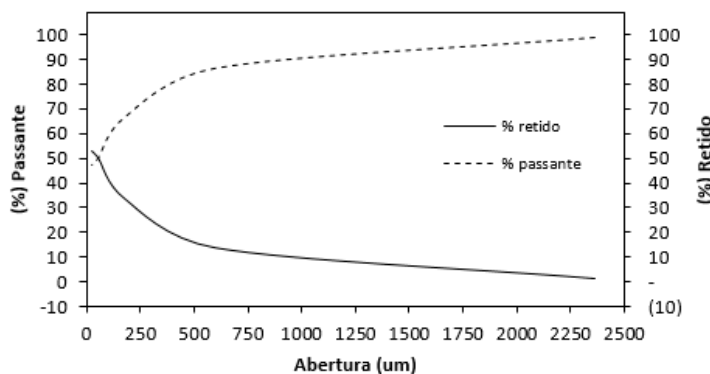


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 077.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 077, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 077 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 077	850°C	0,21 ± 0,05	17,29 ± 0,19	31,53 ± 0,24	1,82 ± 0,01	3,59 ± 0,15
	900°C	0,49 ± 0,02	17,35 ± 0,27	31,78 ± 0,63	1,83 ± 0,03	4,46 ± 0,34
	950°C	0,64 ± 0,02	17,67 ± 0,31	32,53 ± 0,39	1,84 ± 0,01	4,78 ± 0,42

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 077.

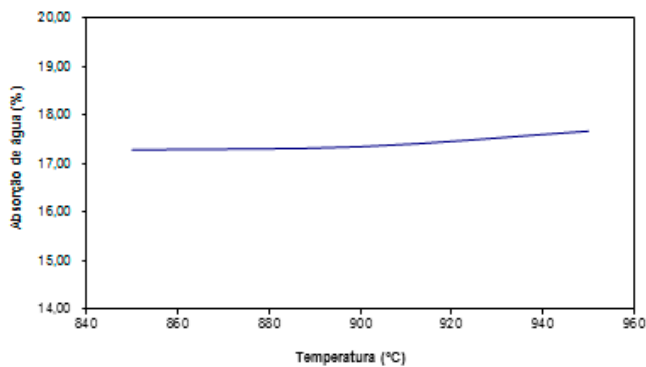


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

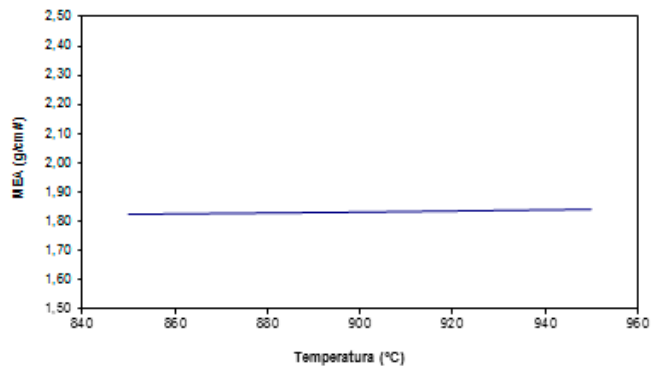


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

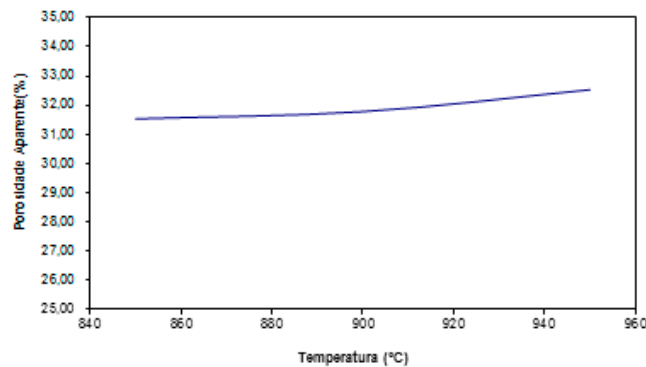


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

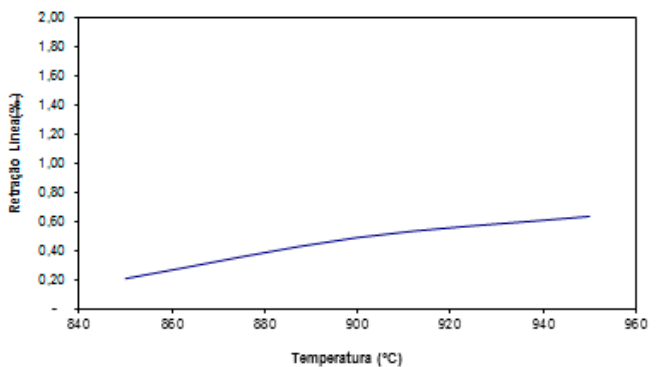


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4337/19-LABEMAT

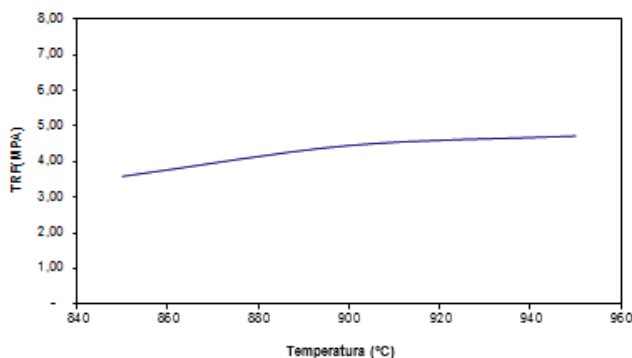




Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 077 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 077				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 4337/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 077.

Amostra FFV 077	850°C	900°C	950°C
	Coral	Coral	Coral

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 078.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 078.....	5
Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 078.	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 078.	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 078.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 078.	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 078.	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 078.	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 078.	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 078.	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 078.	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 078.	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 078 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 078

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 078

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 078 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 078.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 078.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	ZnO	PF
% em peso	57,78	30,32	4,15	1,23	0,11	0,07	0,01	6,33

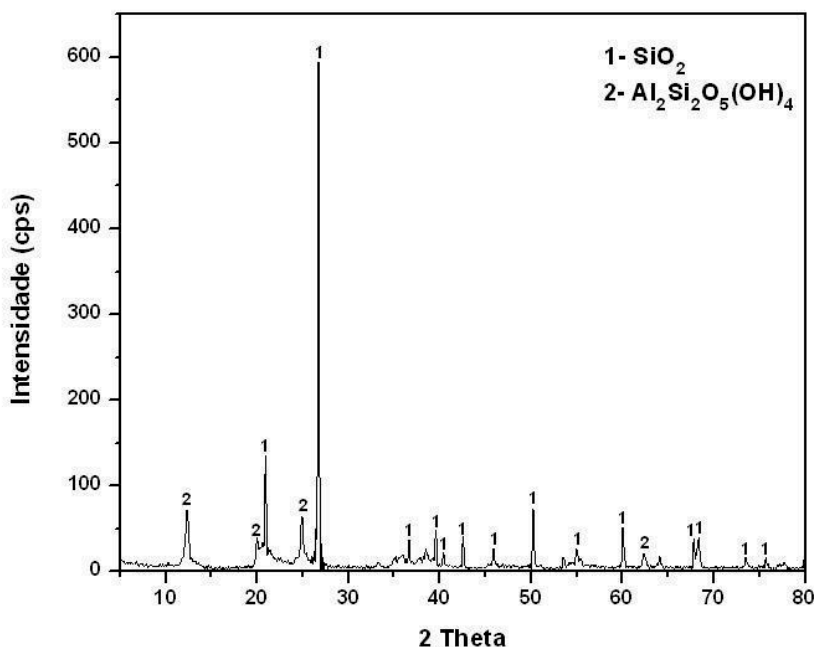


Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 078.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 078, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

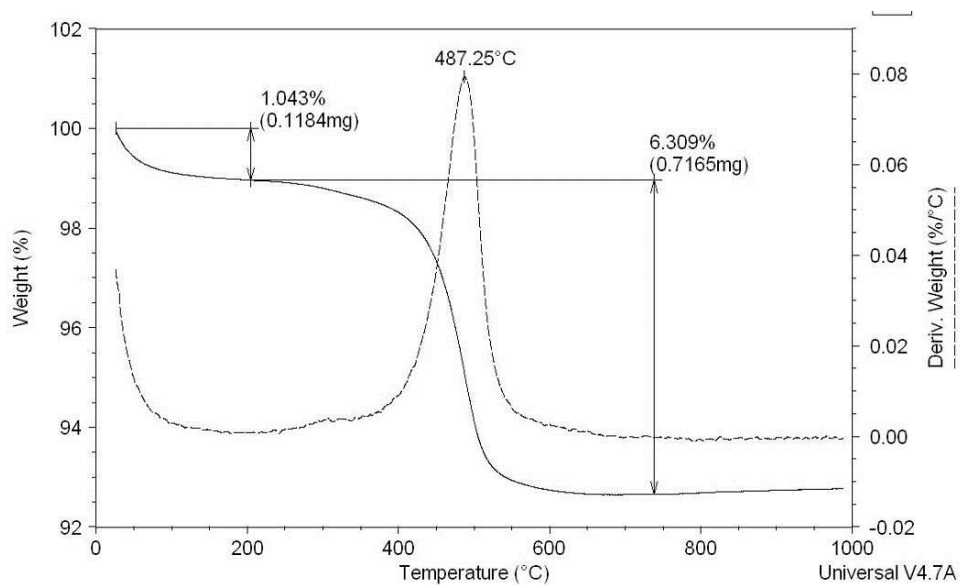


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 078.

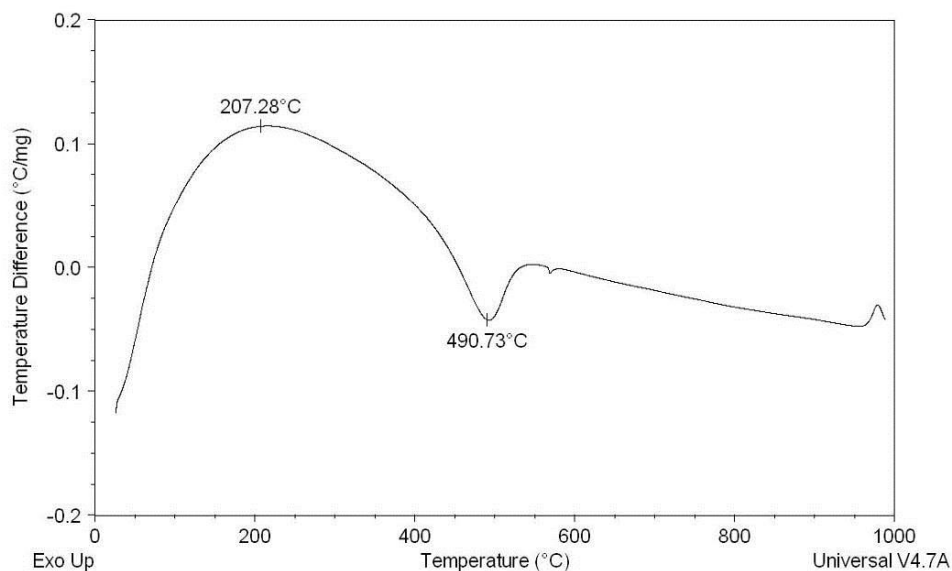


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 078.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 078 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 078 é apresentado na Figura 07.

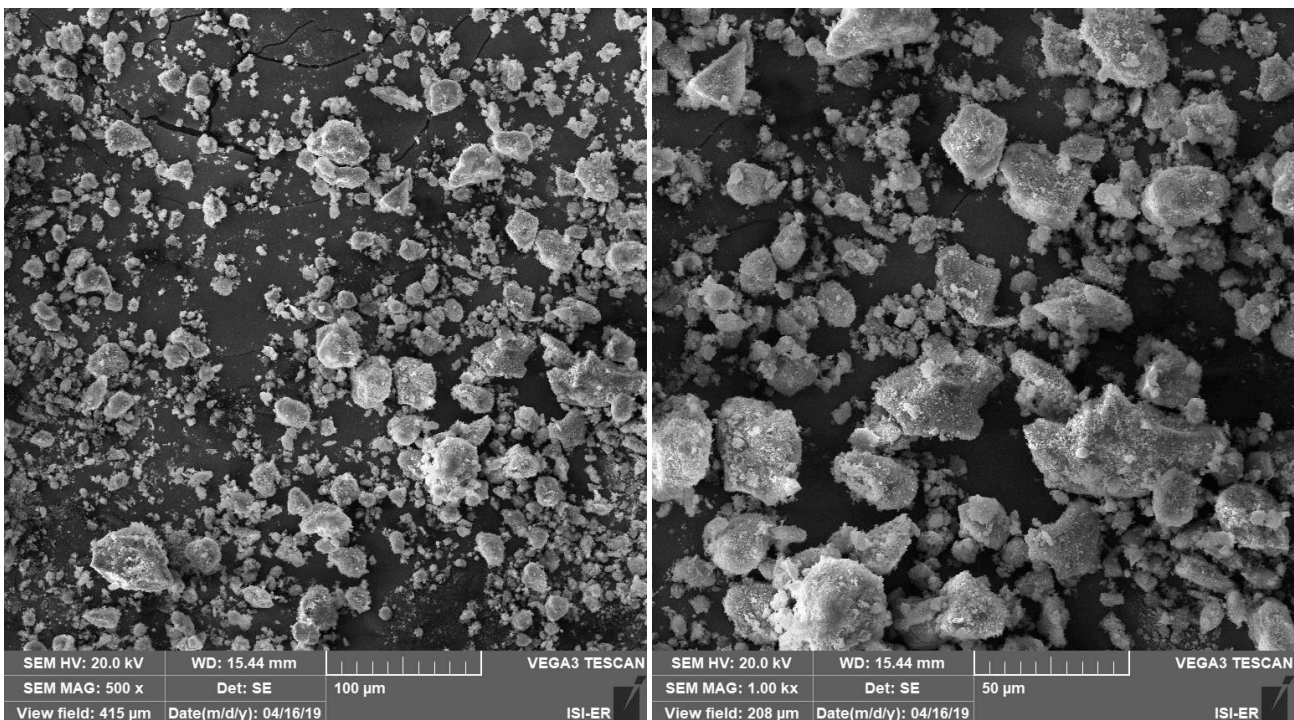


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 078.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

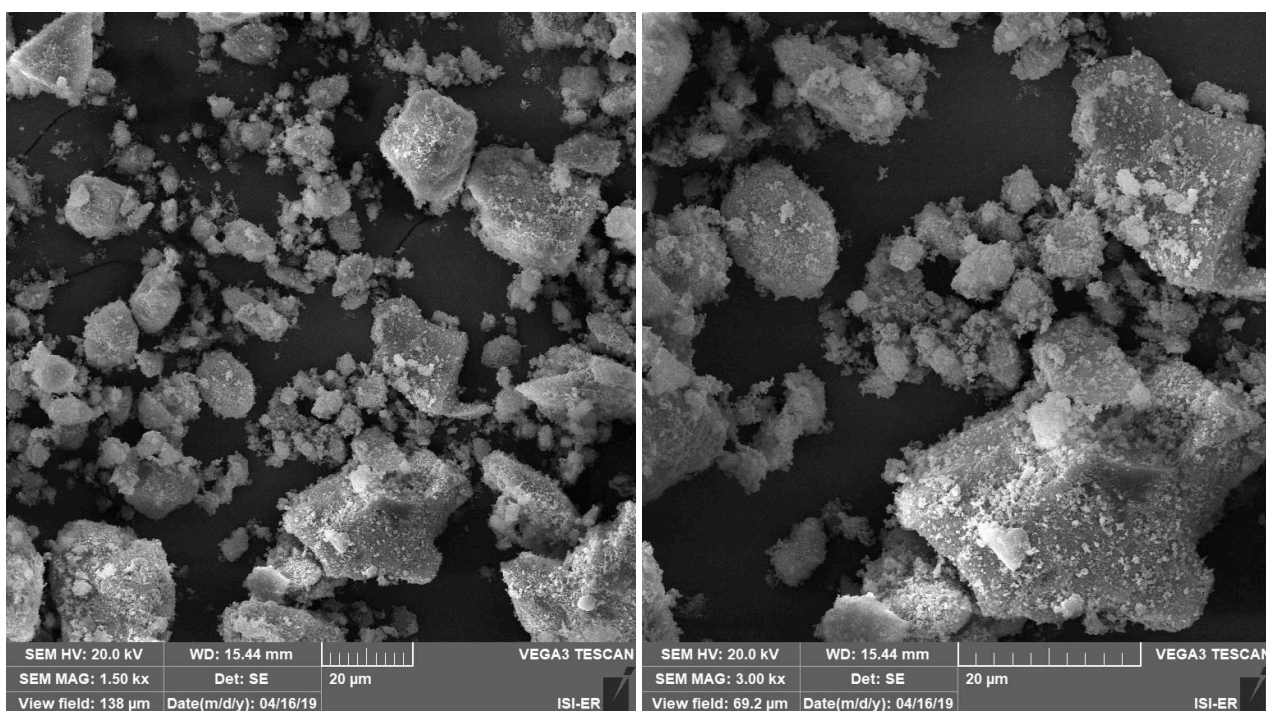


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 078.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

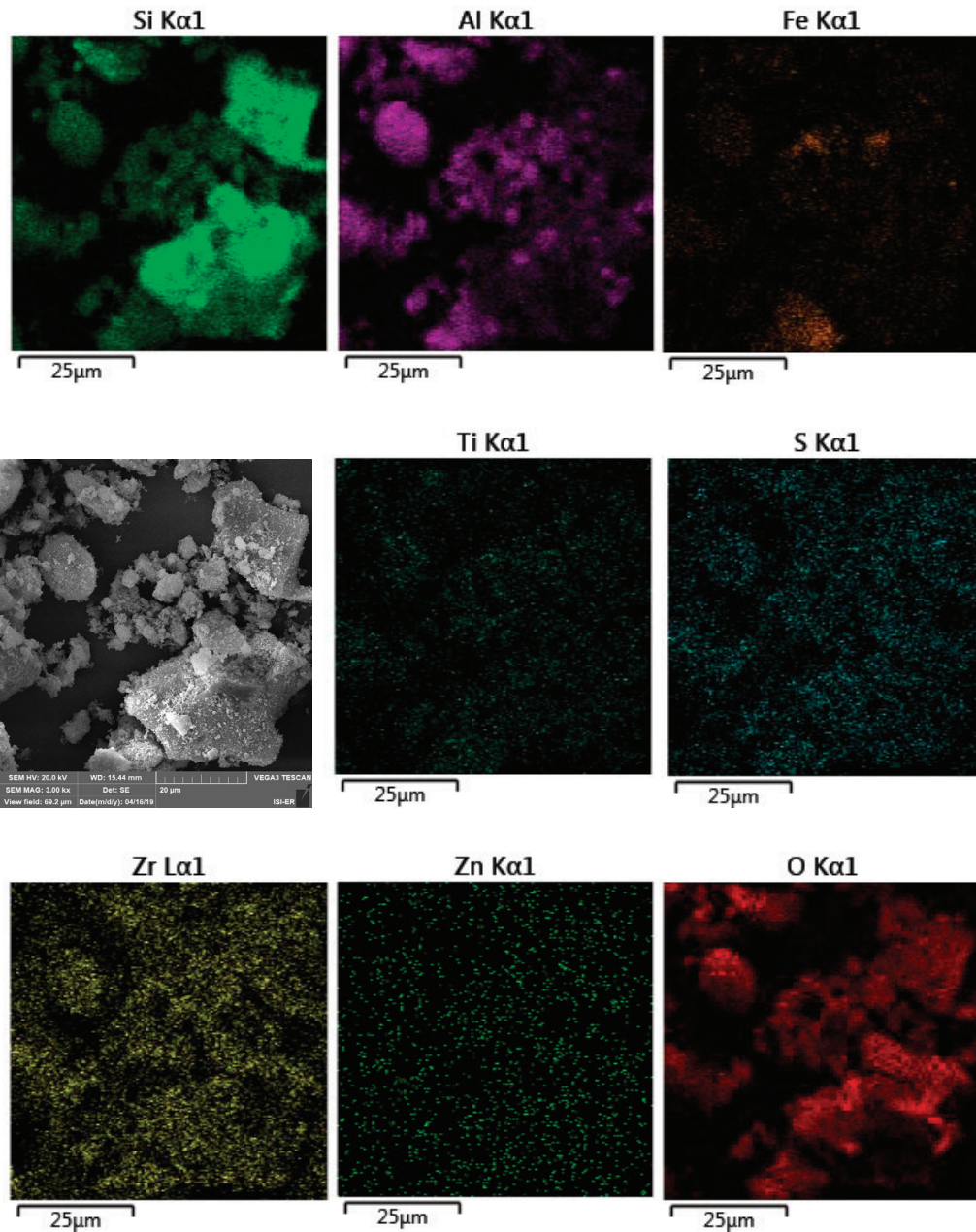


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 078.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 078.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 078	14,25	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 078.

Abertura (μm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	0,30	99,70
600	14,90	85,10
180	41,10	58,90
53	60,70	39,30
32	65,40	34,60
Aparador	100,00	-

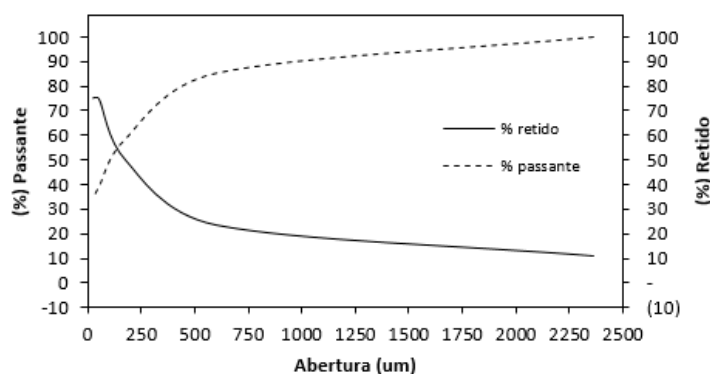


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 078.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 078, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 078 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 078	850°C	0,40 ± 0,04	17,68 ± 0,13	32,06 ± 0,15	1,81 ± 0,00	1,71 ± 0,17
	900°C	0,51 ± 0,02	18,13 ± 0,24	32,83 ± 0,28	1,81 ± 0,01	2,02 ± 0,20
	950°C	0,55 ± 0,04	18,47 ± 0,30	33,54 ± 0,36	1,82 ± 0,01	2,23 ± 0,18

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 078.

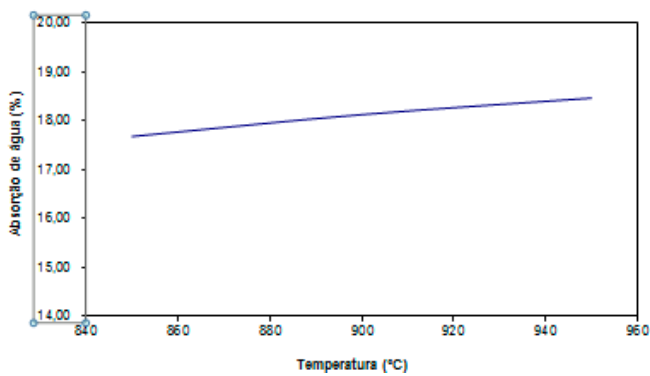


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

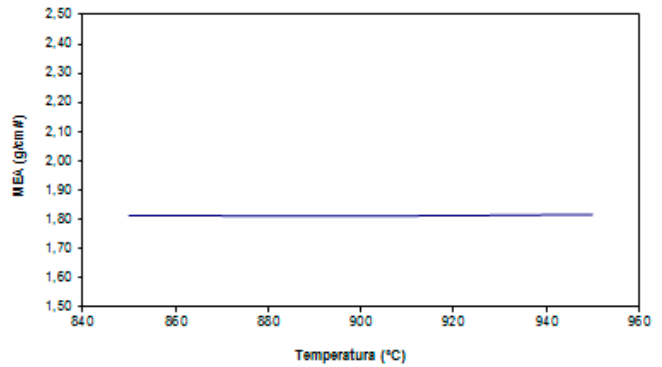


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

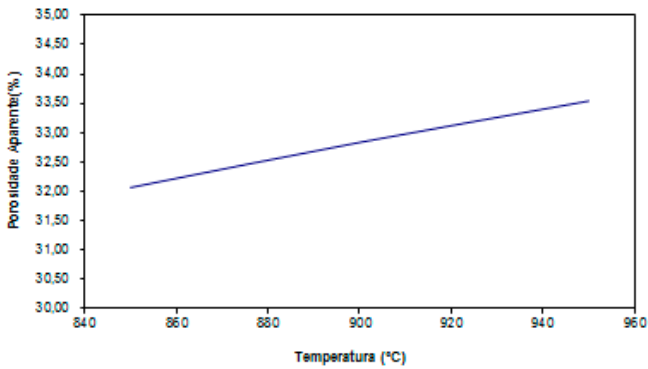


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

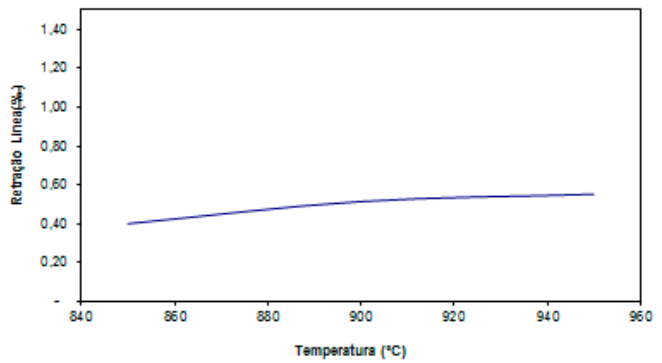


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2693/19-LABEMAT

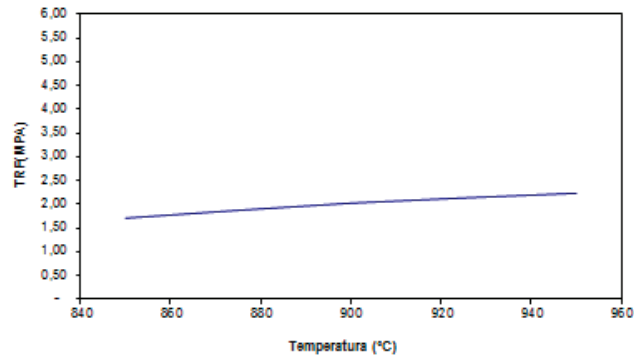


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 078 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 078				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 2693/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 078.

Amostra FFV 078	850°C	900°C	950°C
	Coral	Coral	Coral

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 079.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 079.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 079.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 079.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 079.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 079.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 079.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 079.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 079.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 079.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 079.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 079.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 079 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 079

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaios Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 µm), 28# (600 µm), 80# (180 µm), 270# (53 µm) e 450# (32 µm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 079

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 079 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 079.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 079.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	ZrO ₂	SO ₃	ZnO	PF
% em peso	51,98	34,58	3,50	1,34	0,17	0,09	0,09	0,01	8,24

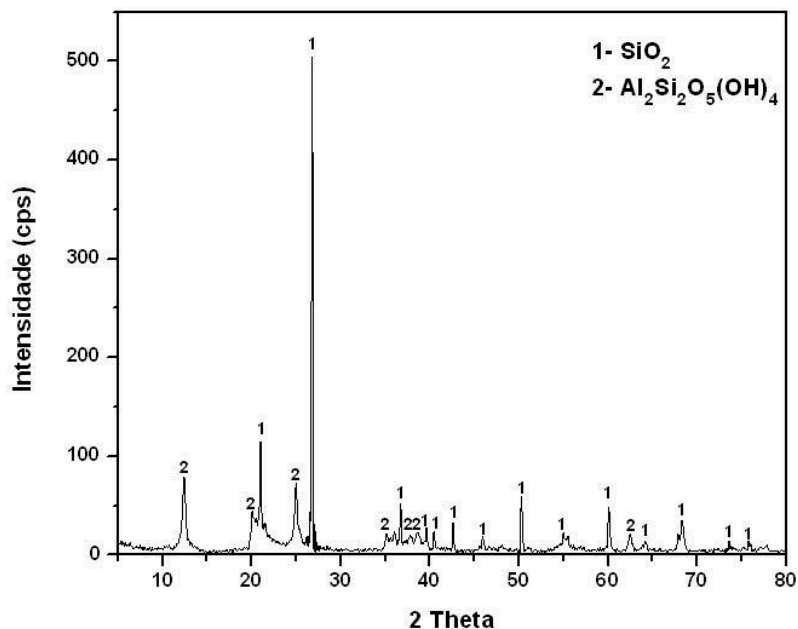


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 079.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 079, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

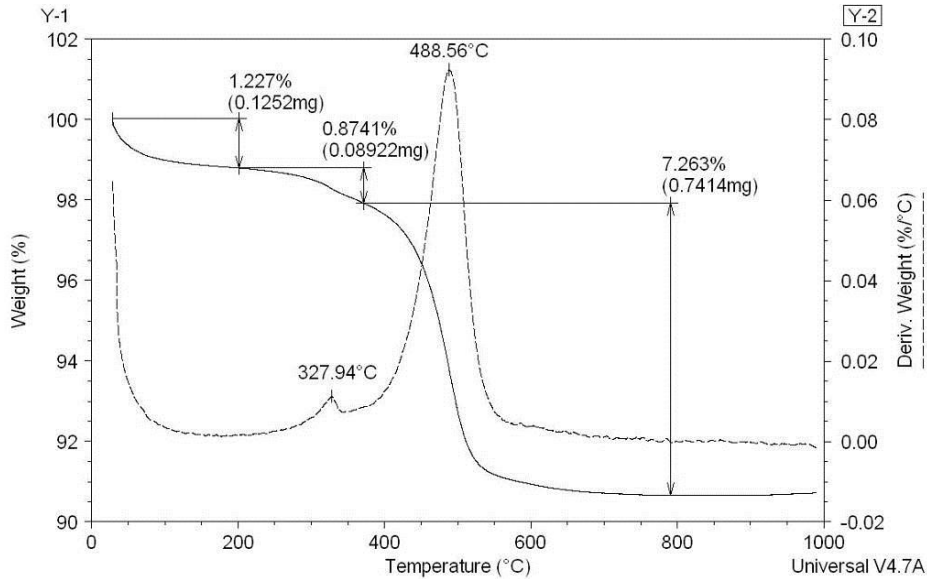


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 079.

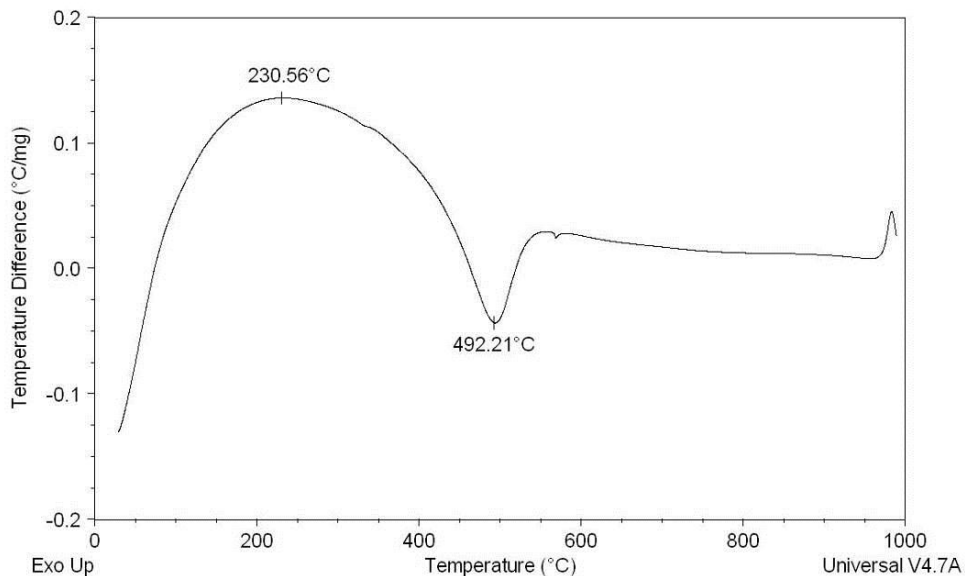


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 079.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 079 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão as partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 079 é apresentado na Figura 07.

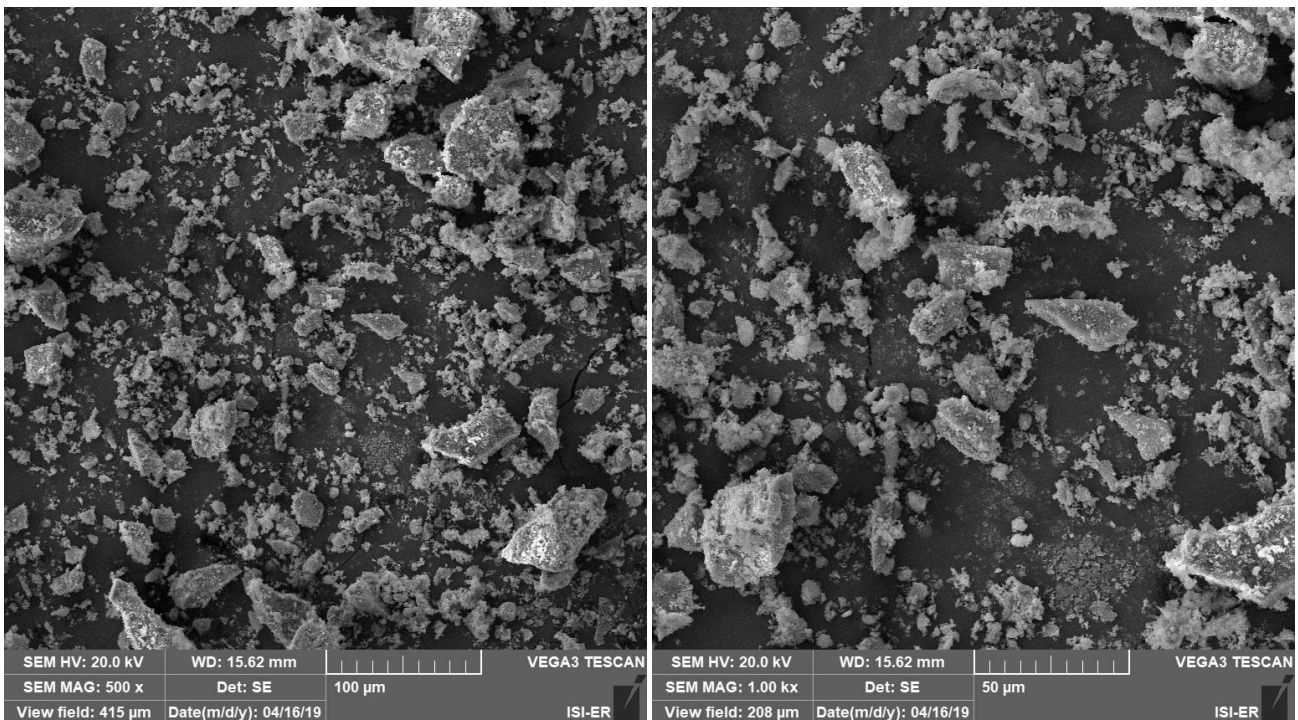


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 079.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

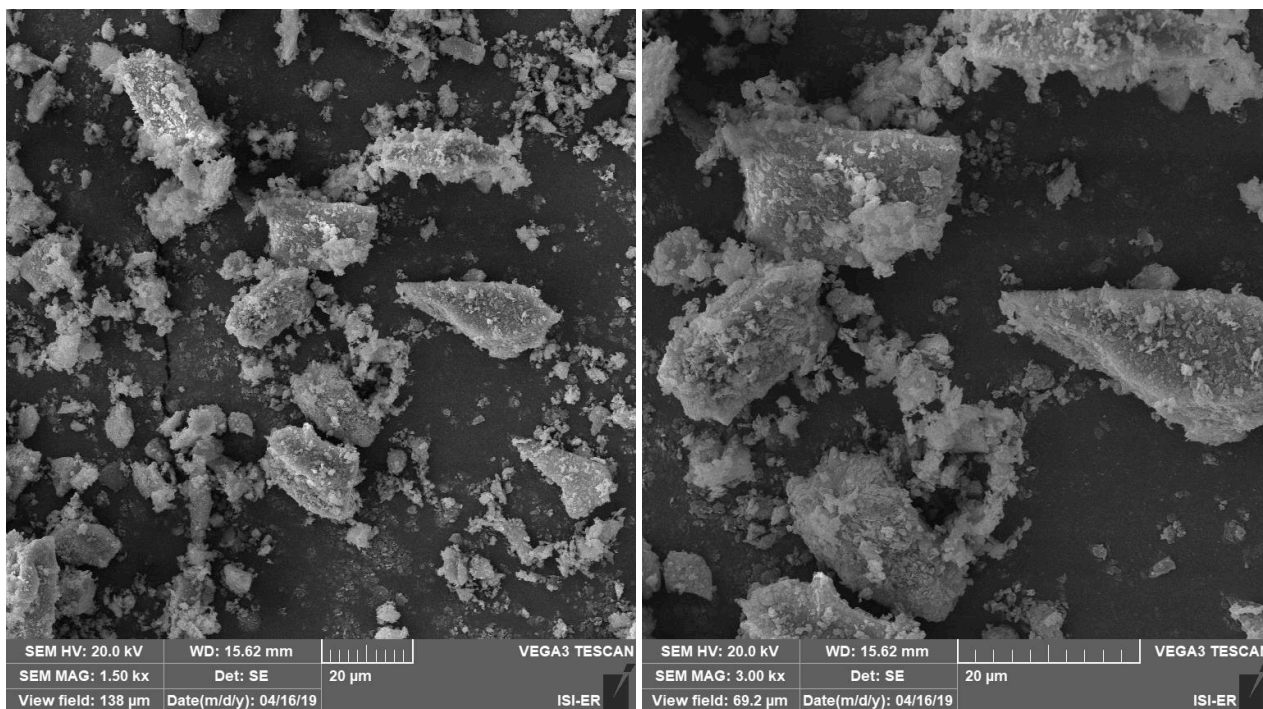


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 079.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

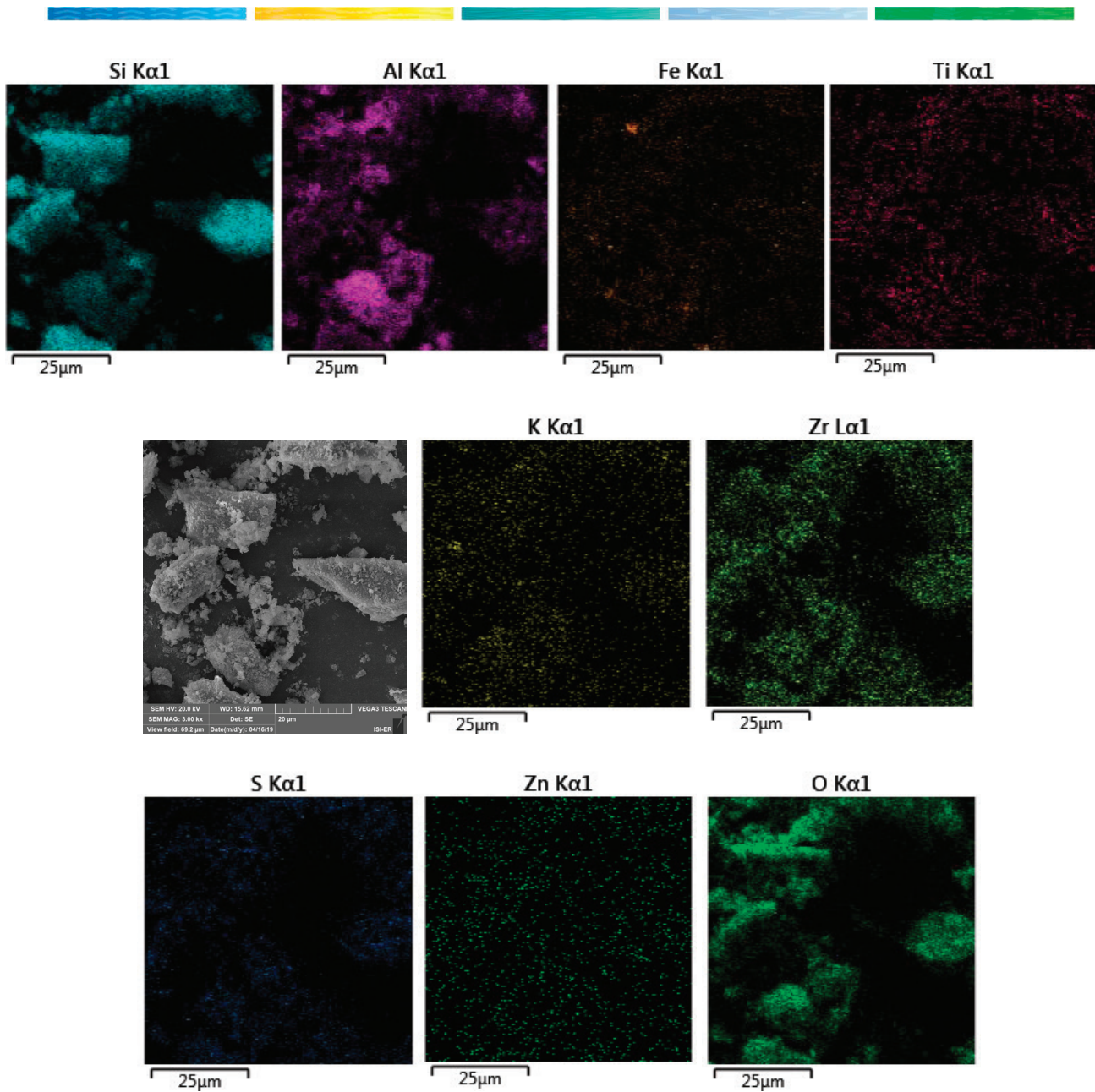


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 079.

Os resultados apresentados neste documento têm significação restrita e se aplicam ao espécime ensaiado.
 Os resultados deste documento não podem ser usados para fins promocionais.
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 079.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 079	11,13	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 079.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	-	100,00
600	6,00	94,00
180	33,50	66,50
53	51,70	48,30
32	54,80	45,20
Aparador	100,00	-

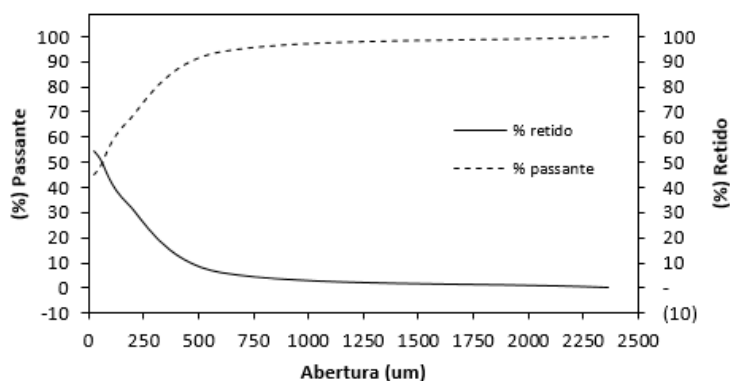


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 079.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 079, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 079 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 079	850°C	0,78 ± 0,02	19,39 ± 0,21	34,01 ± 0,24	1,75 ± 0,01	1,71 ± 0,21
	900°C	0,94 ± 0,02	19,64 ± 0,13	34,47 ± 0,17	1,76 ± 0,00	2,04 ± 0,12
	950°C	1,20 ± 0,02	19,98 ± 0,17	35,36 ± 0,17	1,77 ± 0,01	2,07 ± 0,22

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 079.

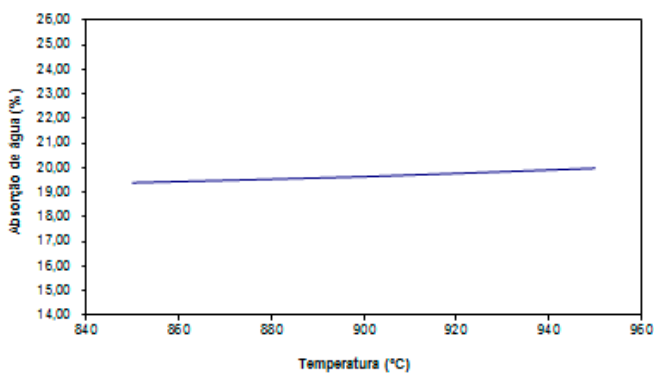


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

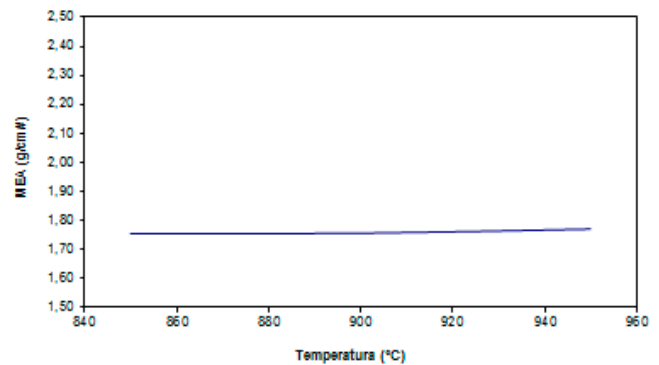


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

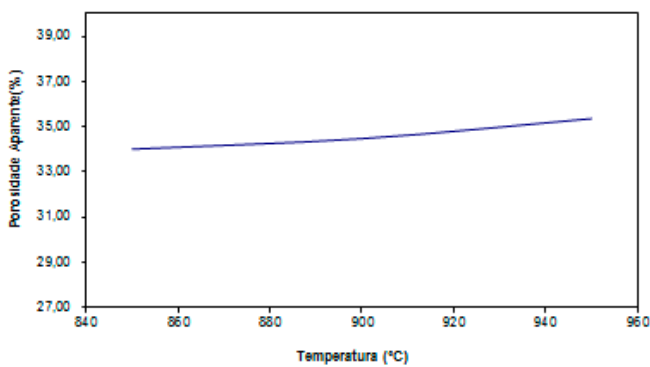


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

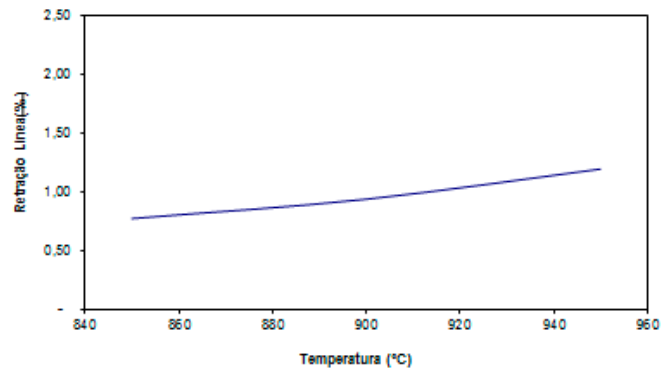


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4902/19-LABEMAT

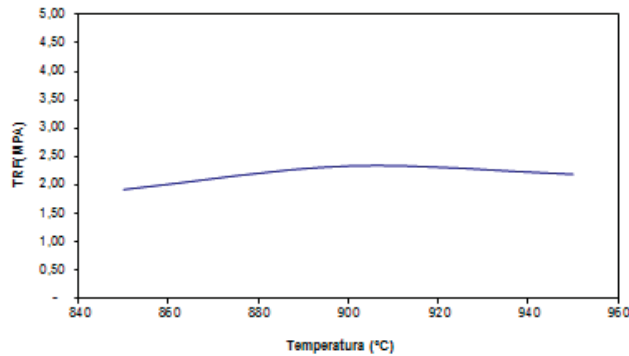


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 079 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 079				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 4902/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 079.

Amostra FFV 079	850°C	900°C	950°C
	Laranja	Laranja	Bege claro

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 080.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 080.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 080.	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 080.	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 080.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 080.	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 080.	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 080.	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 080.	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 080.	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 080.	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 080.	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 080 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 080

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 080

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 080 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 080.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 080.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	ZrO ₂	ZnO	PF
% em peso	51,25	34,18	4,97	1,12	0,24	0,10	0,10	0,01	8,03

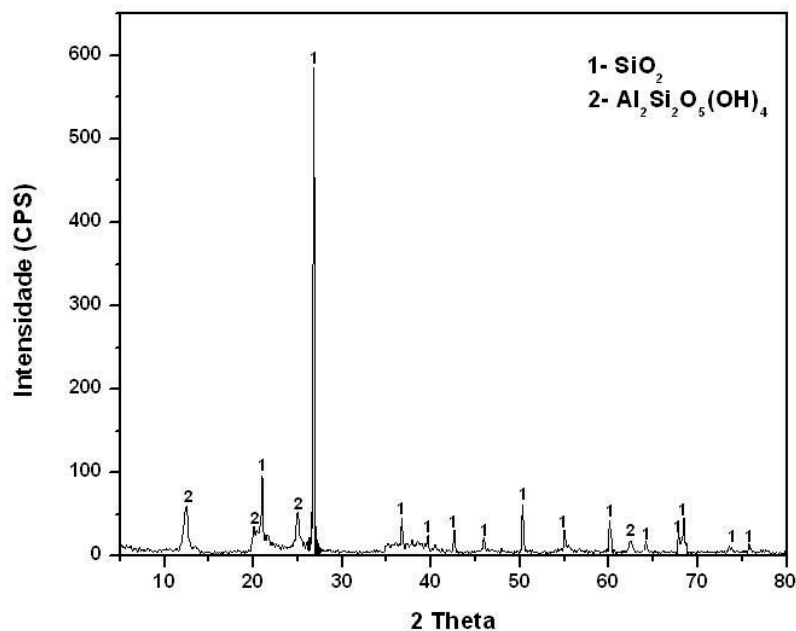


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 080.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 080, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

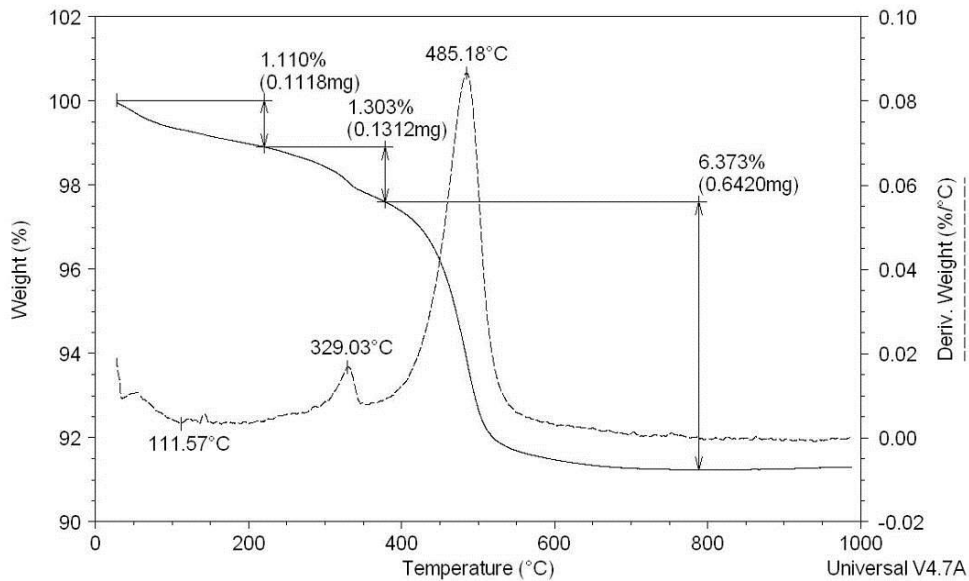


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 080.

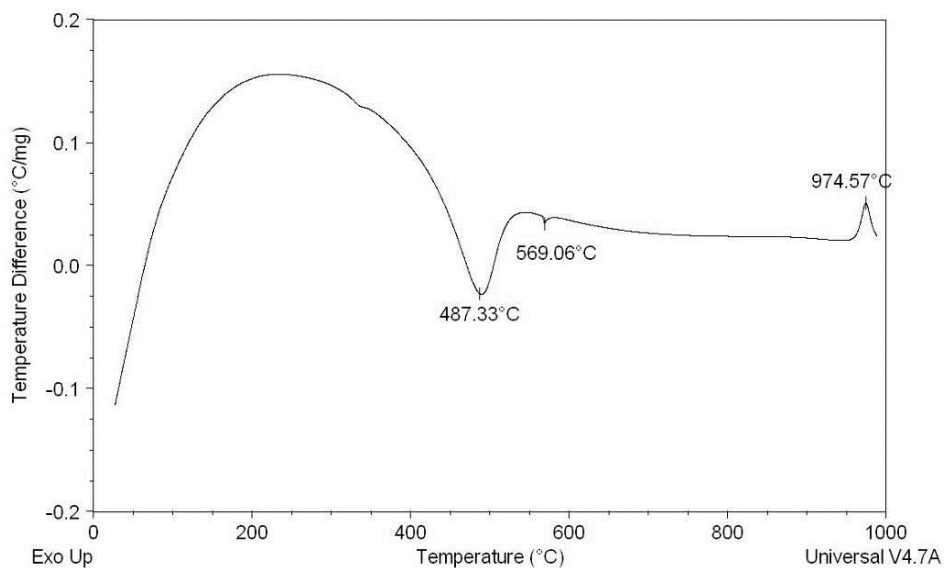


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 080.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 080 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão as partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 080 é apresentado na Figura 07.

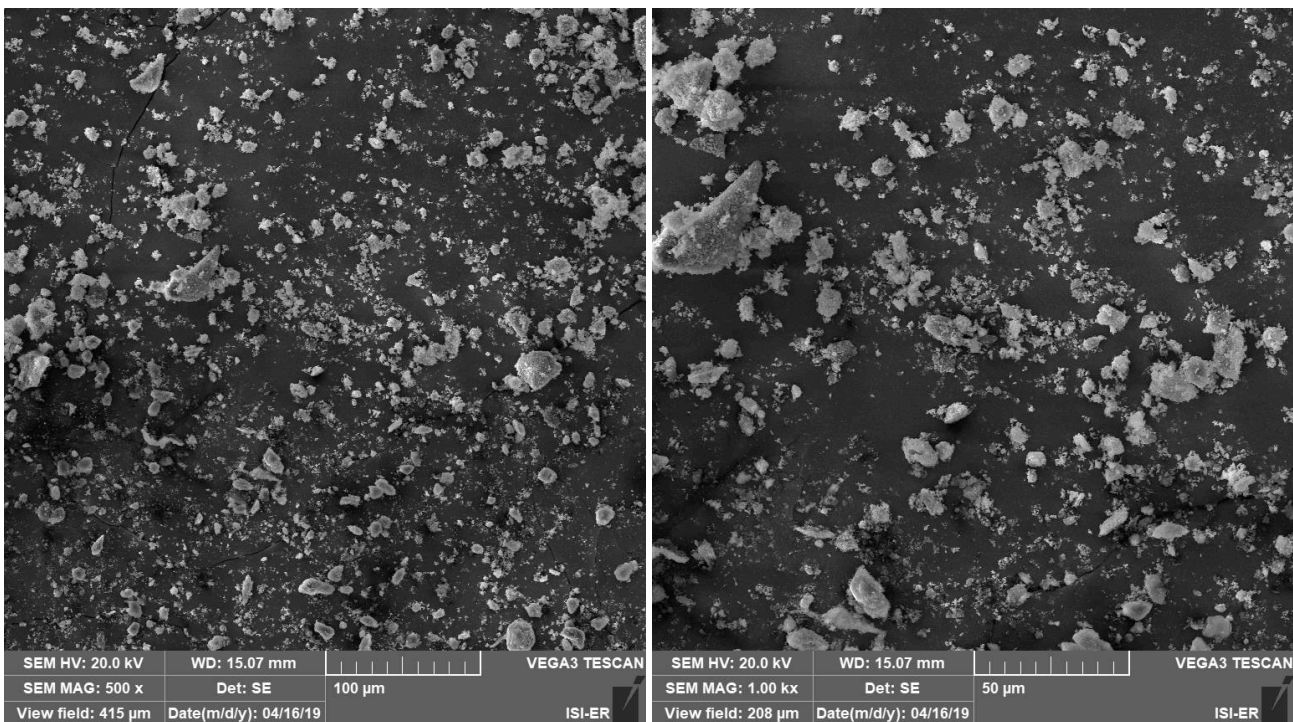


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 080.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

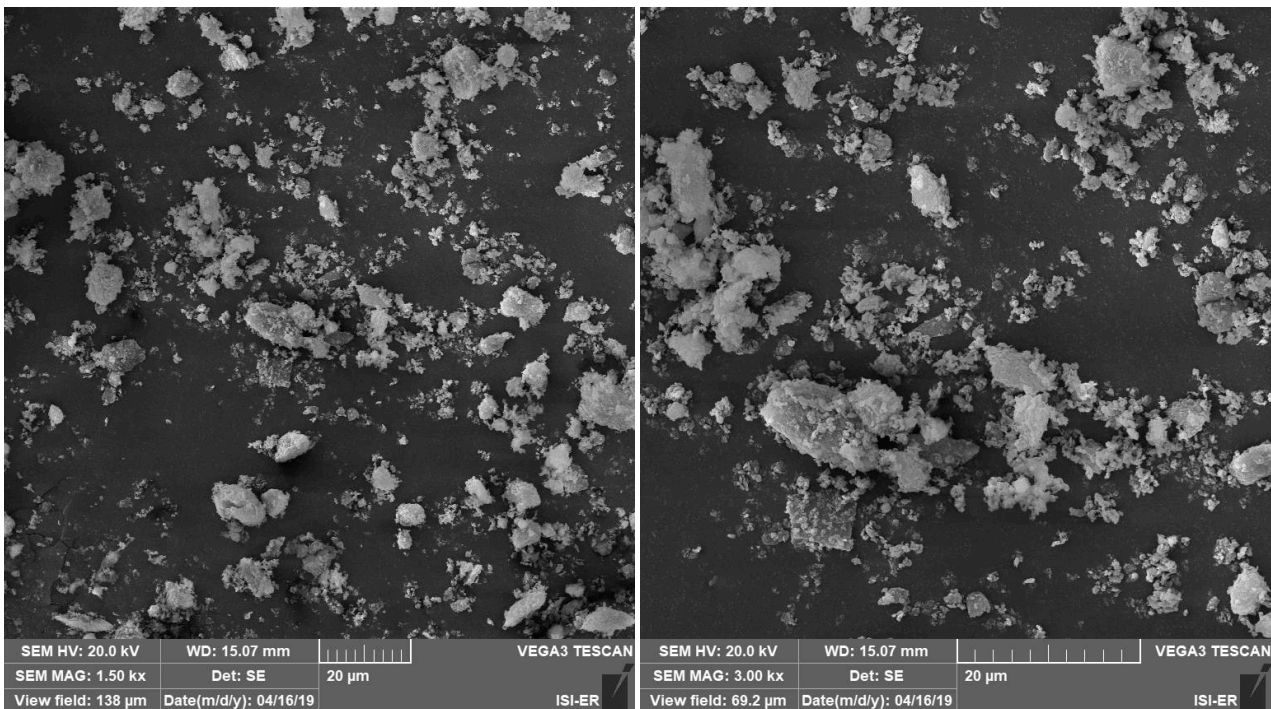


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 080.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

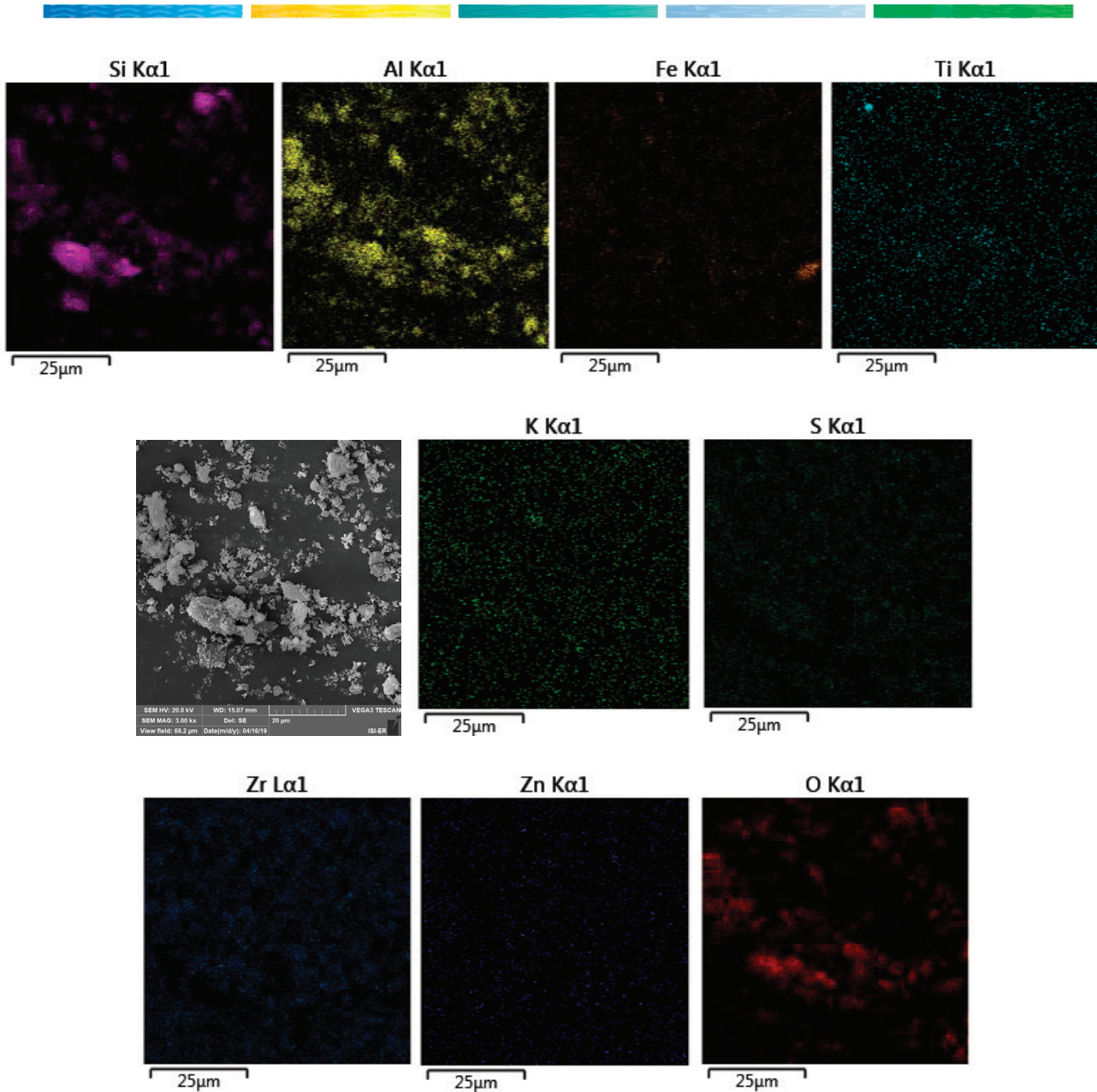


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 080.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 080.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 080	13,24	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 080.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	1,40	98,60
600	10,50	89,50
180	30,50	69,50
53	43,70	56,30
32	46,70	53,30
Aparador	100,00	-

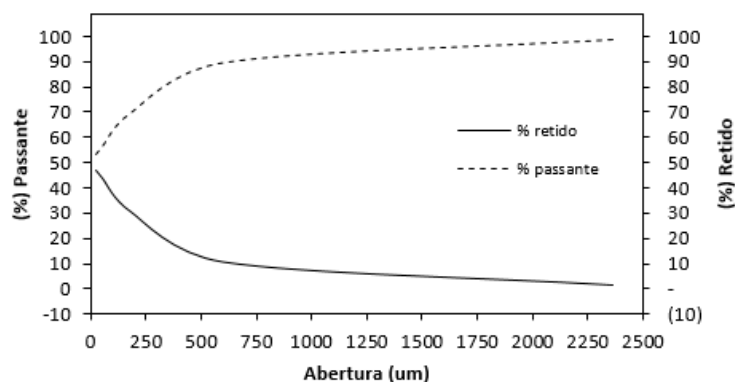


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 080.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 080, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 080 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 080	850°C	0,56 ± 0,05	18,40 ± 0,71	32,94 ± 0,99	1,79 ± 0,02	1,49 ± 0,27
	900°C	0,75 ± 0,06	19,08 ± 0,75	34,13 ± 1,01	1,79 ± 0,02	2,05 ± 0,20
	950°C	0,55 ± 0,04	19,13 ± 0,19	34,44 ± 0,23	1,80 ± 0,01	2,16 ± 0,16

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 080.

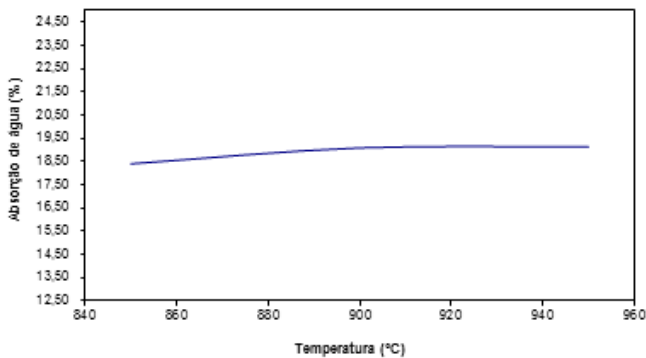


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

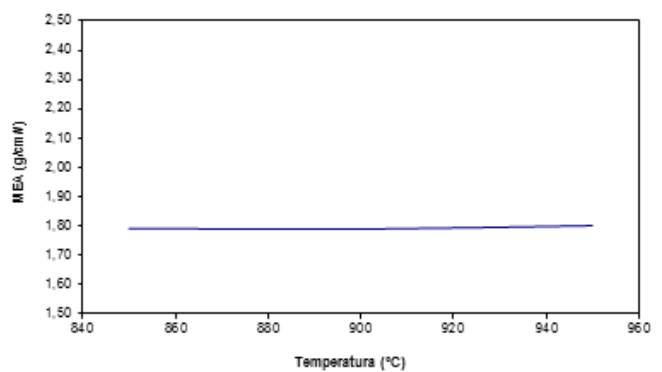


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

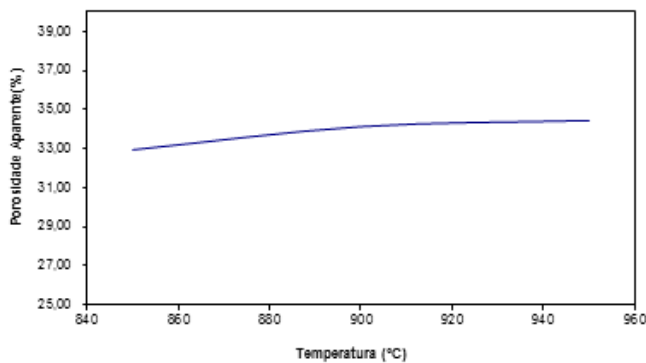


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

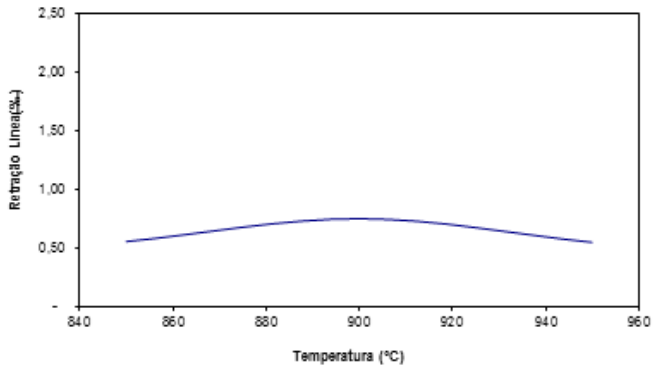


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1329/19-LABEMAT

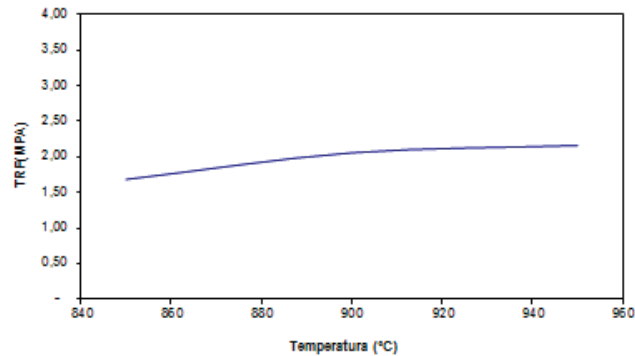


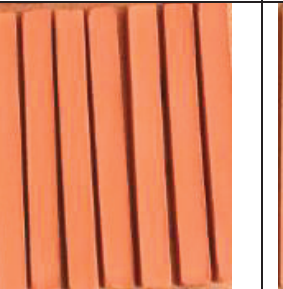



Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 080 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 080				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 1329/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 080.

Amostra FFV 080	850°C	900°C	950°C
	Laranja	Laranja	Laranja

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 081.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 081.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 081.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 081.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 081.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 081.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 081.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 081.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 081.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 081.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 081.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 081.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 081 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaios tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 081

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 081

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 081 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 081.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 081.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	ZrO ₂	SrO	MnO	ZnO	PF
% em peso	52,24	28,87	6,29	3,19	1,24	0,93	0,84	0,06	0,04	0,02	0,01	6,27

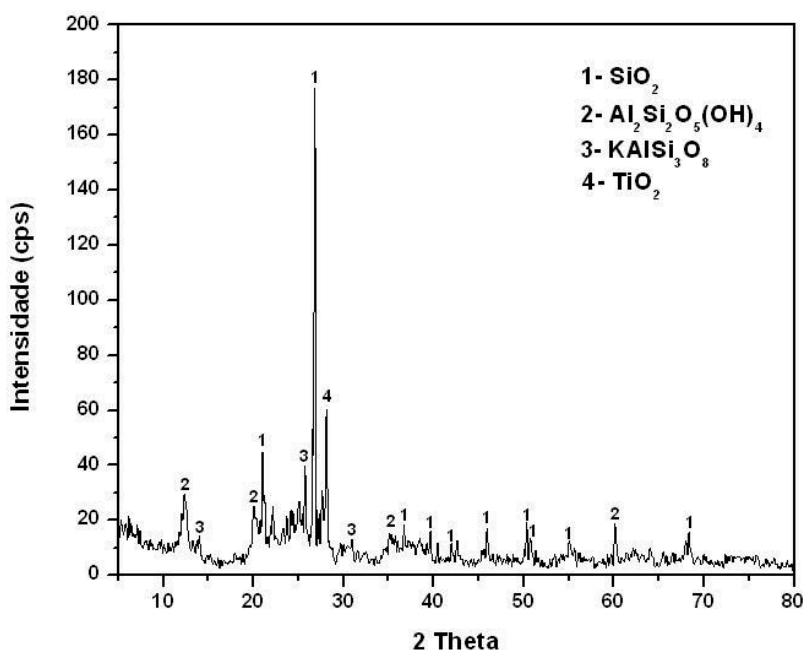


Figura 02 – Difratomia apresentando as fases identificadas na amostra FFV 081.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 081, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

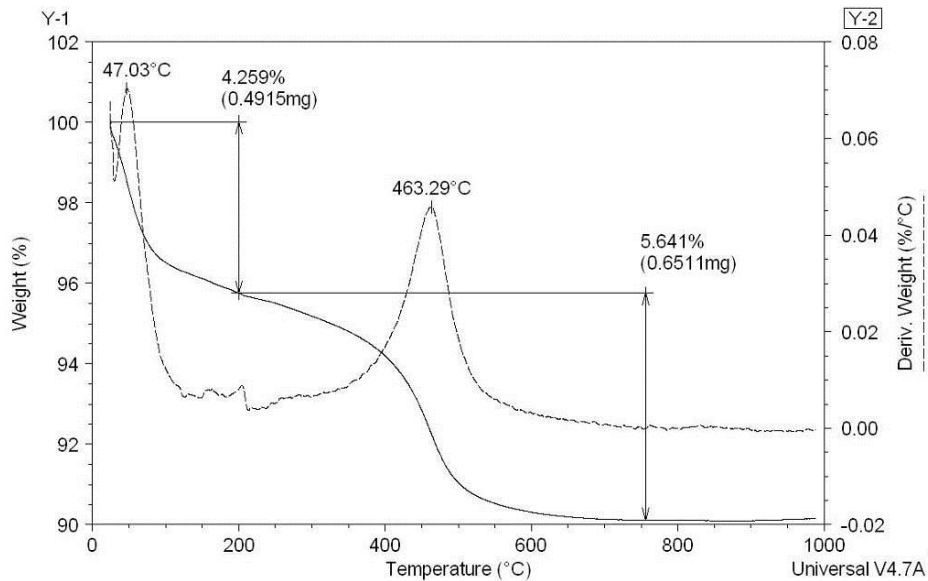


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 081.

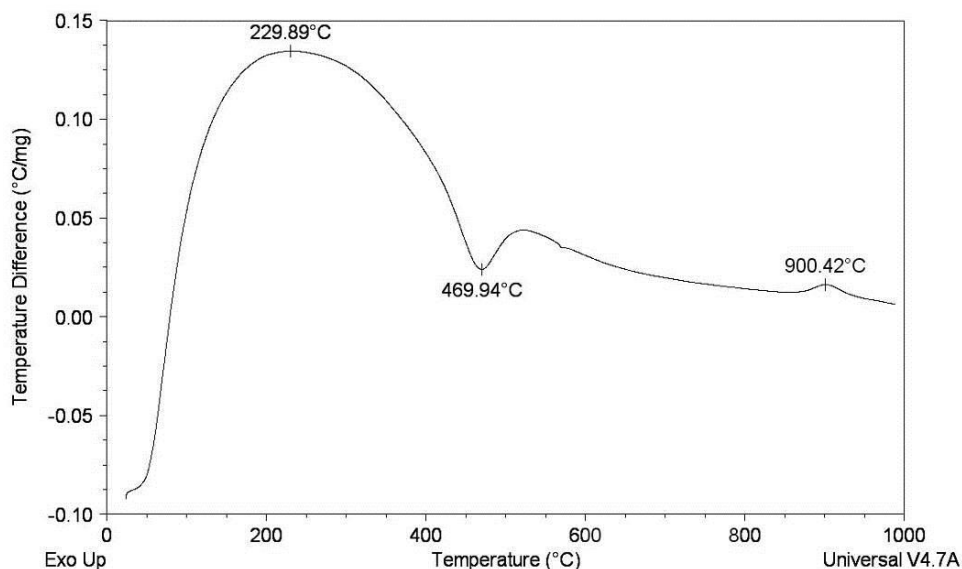


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 081.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 081 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 081 é apresentado na Figura 07.

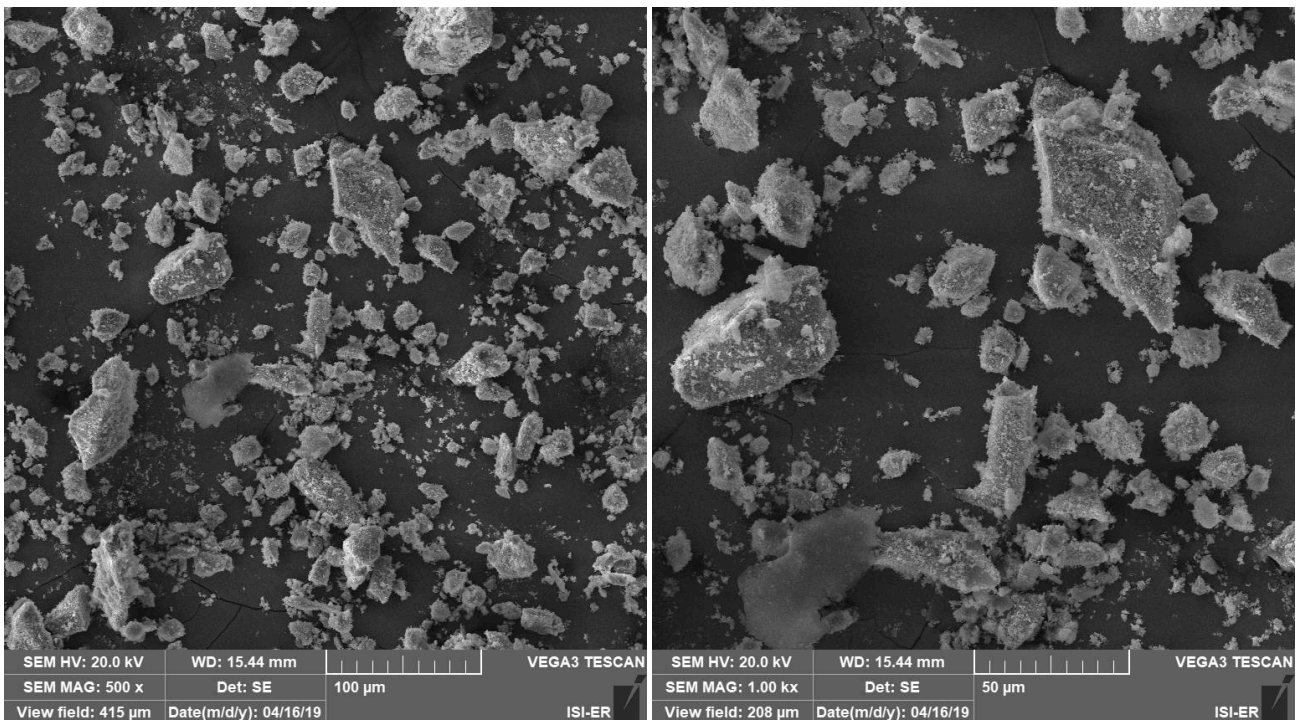


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 081.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

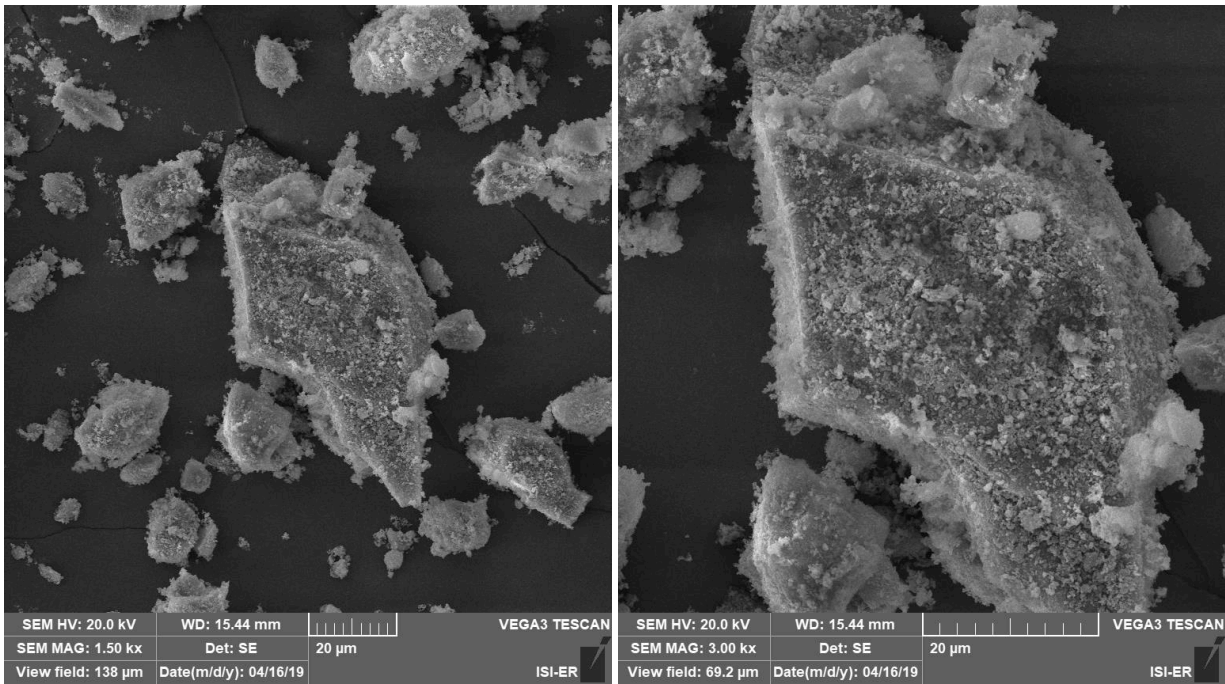


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 081.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

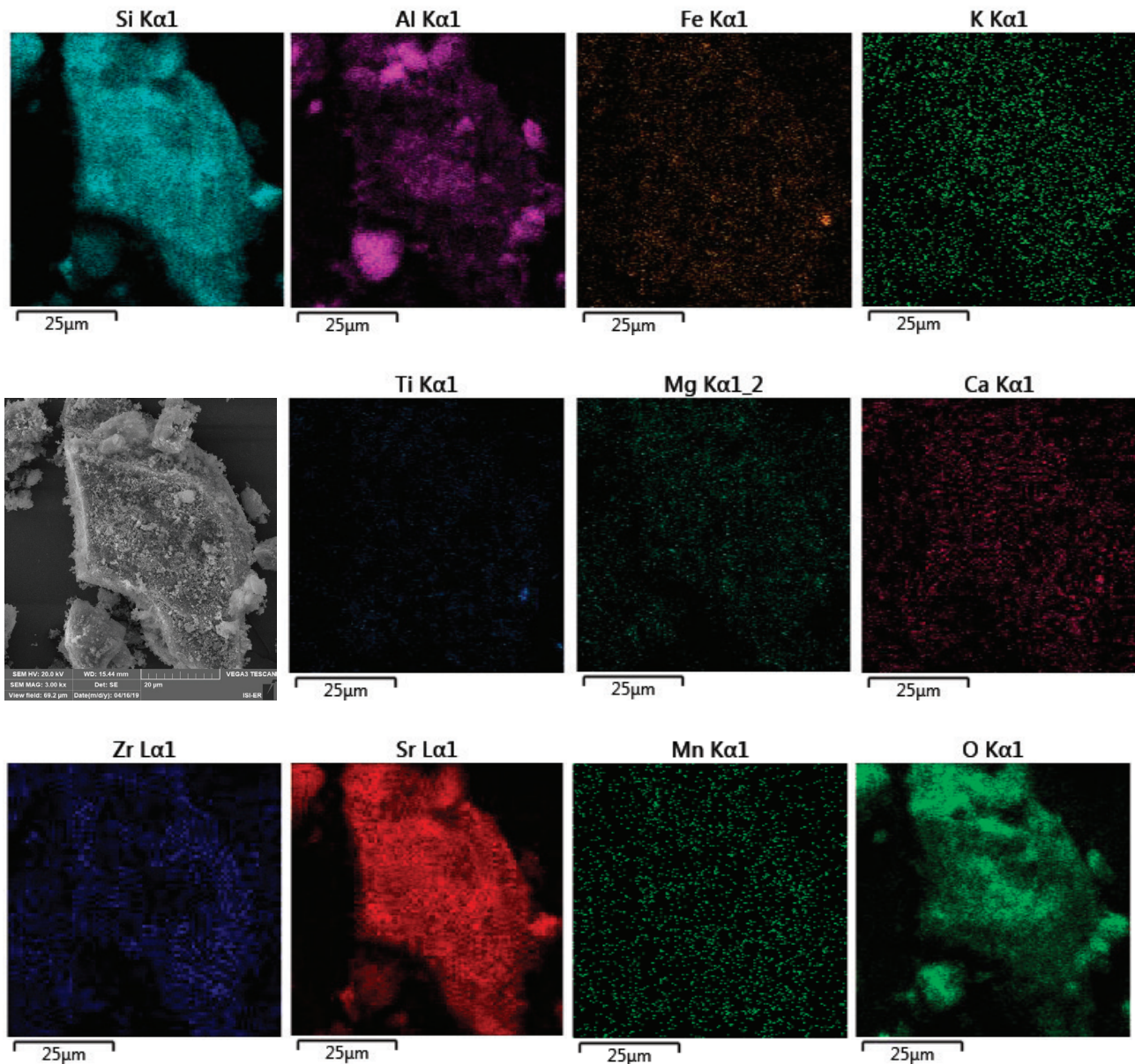


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 081.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 081.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 081	11,50	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 081.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	0,40	99,60
600	2,50	97,50
180	7,10	92,90
53	18,10	81,90
32	25,60	74,40
Aparador	100,00	-

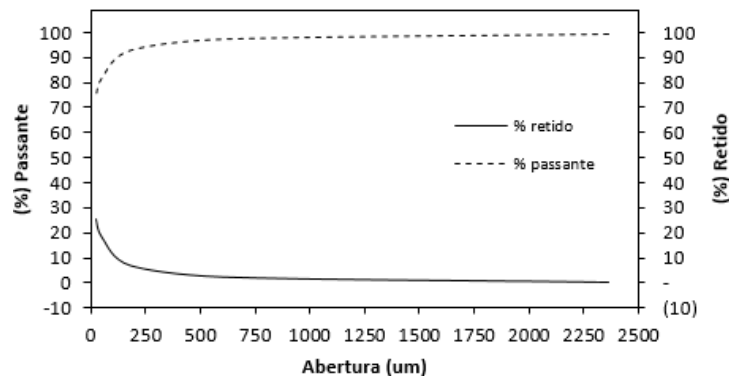


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 081.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 081, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 081 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 081	850°C	0,42 ± 0,03	13,85 ± 0,38	26,81 ± 0,64	1,94 ± 0,01	7,28 ± 0,38
	900°C	0,71 ± 0,02	13,96 ± 0,12	27,31 ± 0,20	1,94 ± 0,01	7,90 ± 0,80
	950°C	0,90 ± 0,06	13,82 ± 0,38	26,89 ± 0,63	1,96 ± 0,04	7,62 ± 0,43

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 081.

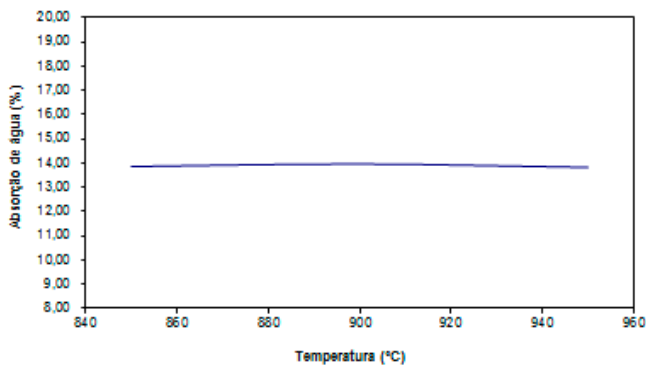


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

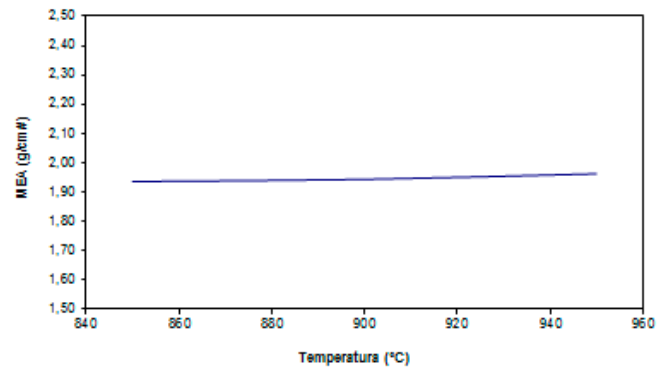


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

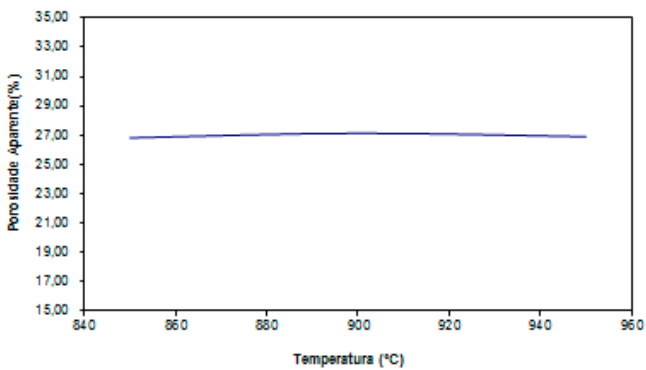


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

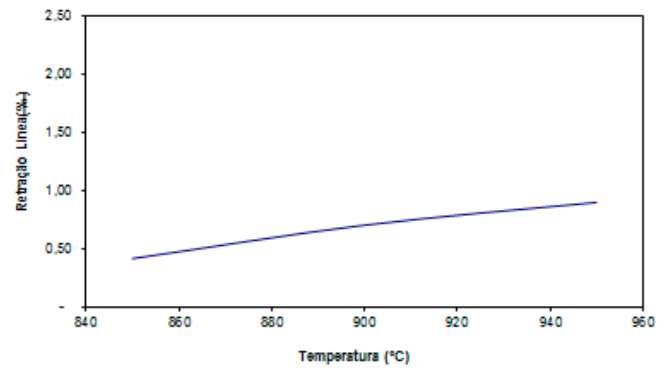


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2794/19-LABEMAT

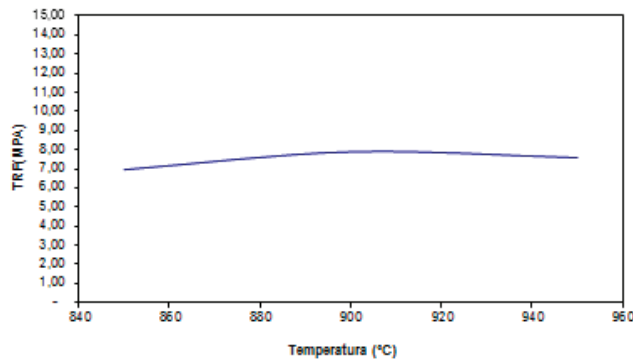


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 081 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 081				


Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 2794/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 081.

Amostra FFV 081	850°C	900°C	950°C
	Vermelho	Vermelho escuro	Marrom Claro

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 082.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 082.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 082.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 082.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 082.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 082.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 082.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 082.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 082.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 082.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 082.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 082.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 082 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 082

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 082

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 082 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 082.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 082.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	ZrO ₂	MnO	SrO	ZnO	PF
% em peso	47,49	32,06	7,44	2,32	1,40	0,88	0,75	0,06	0,04	0,04	0,01	7,53

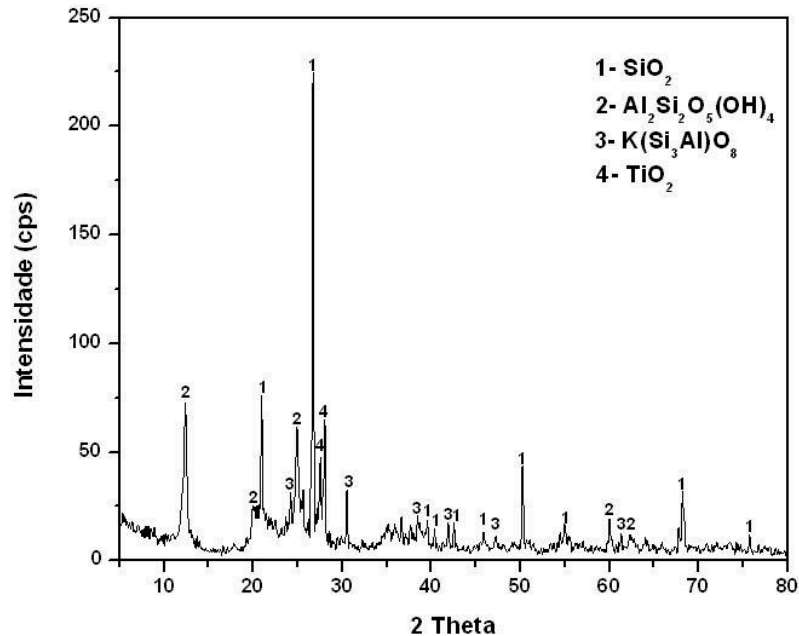


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 082.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 082, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

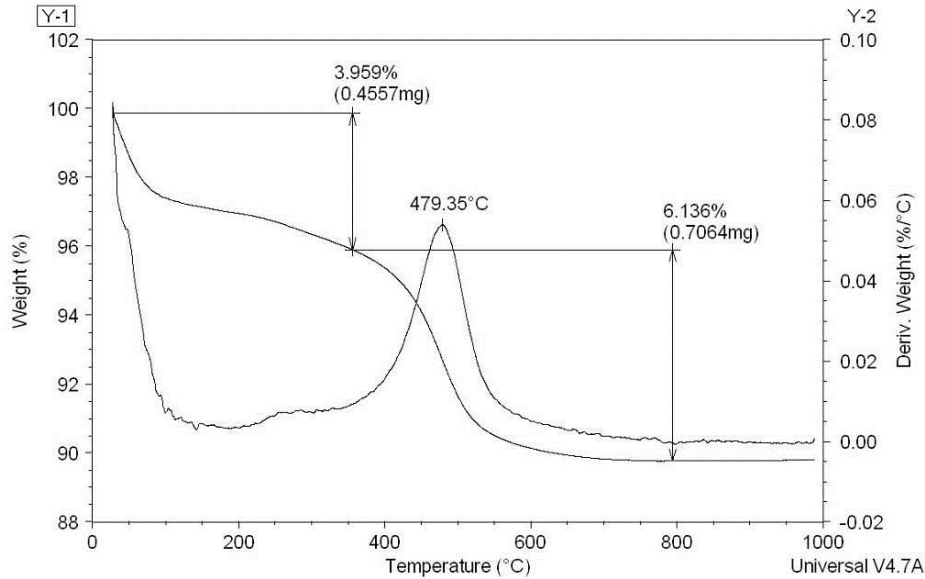


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 082.

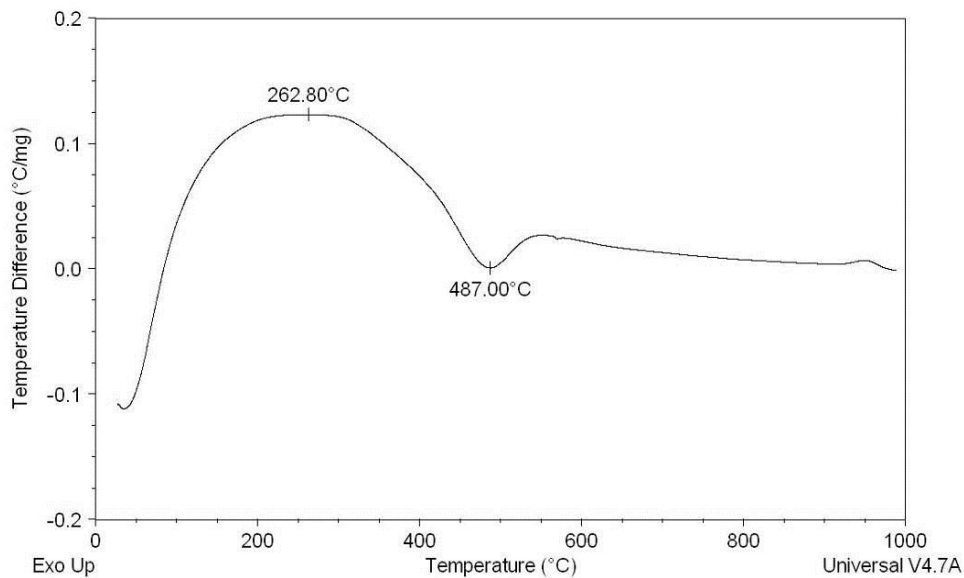


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 082.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 082 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 082 é apresentado na Figura 07.

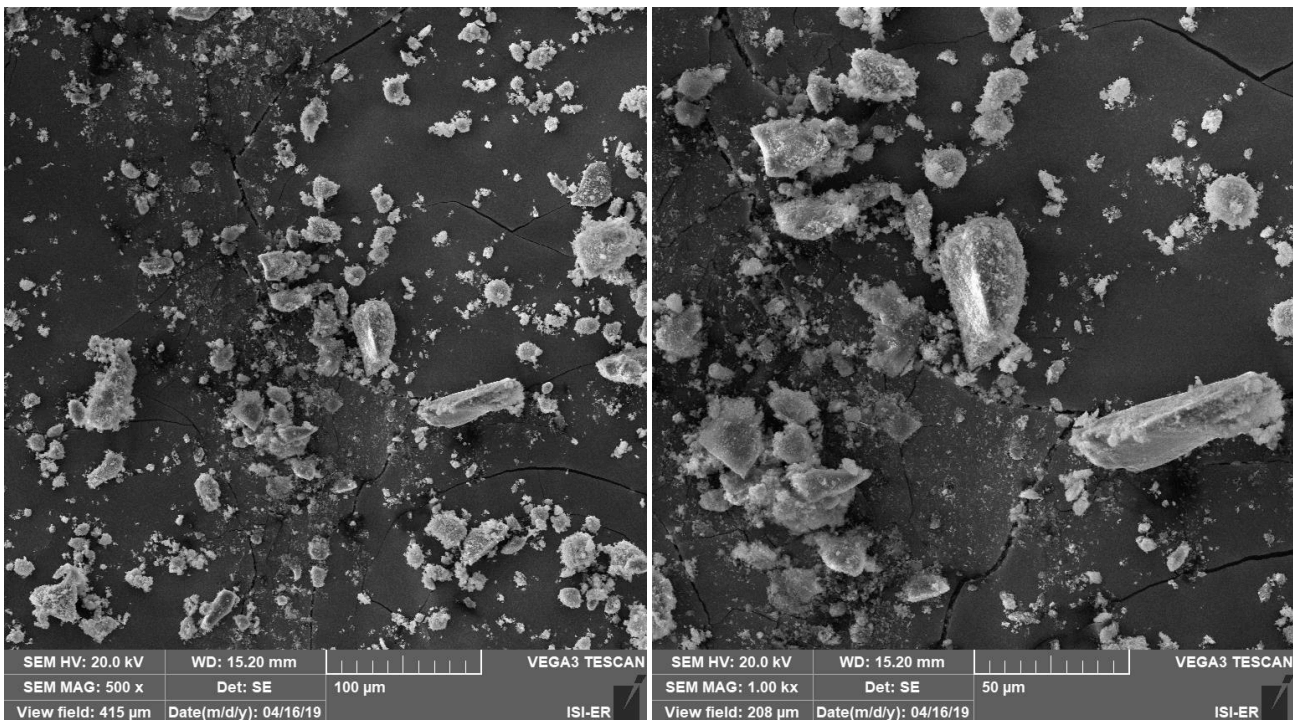


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 082.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

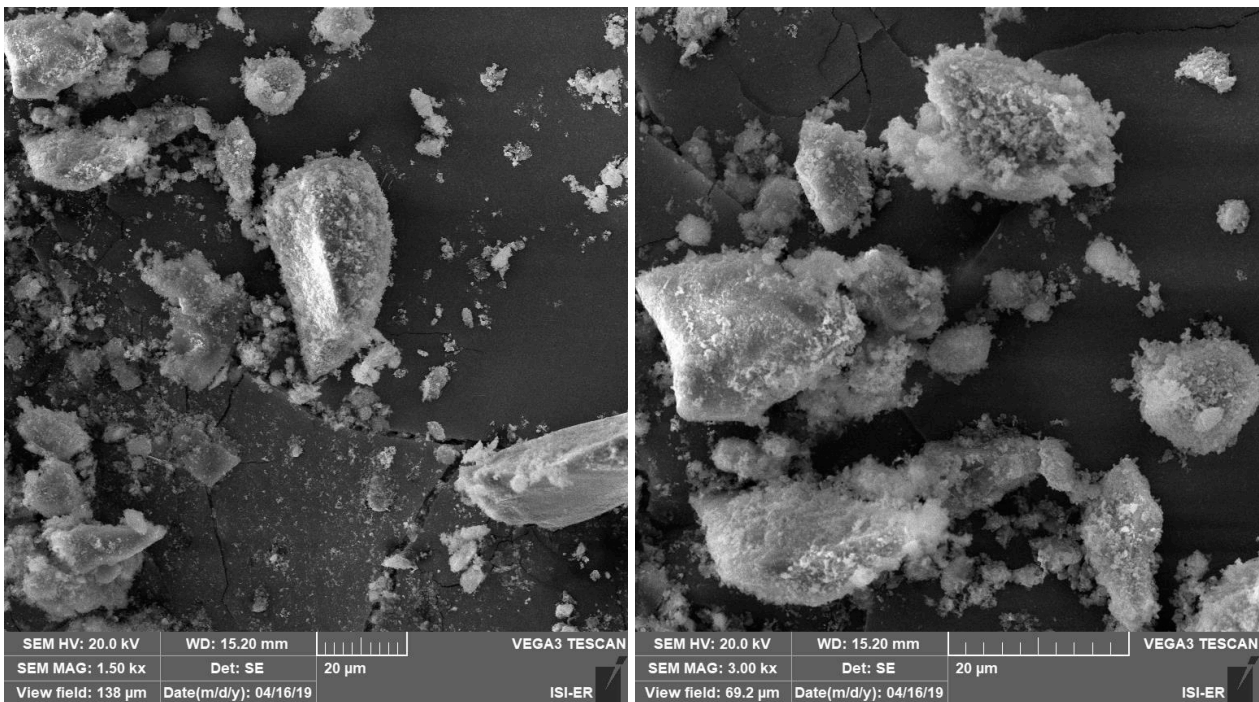


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 082.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

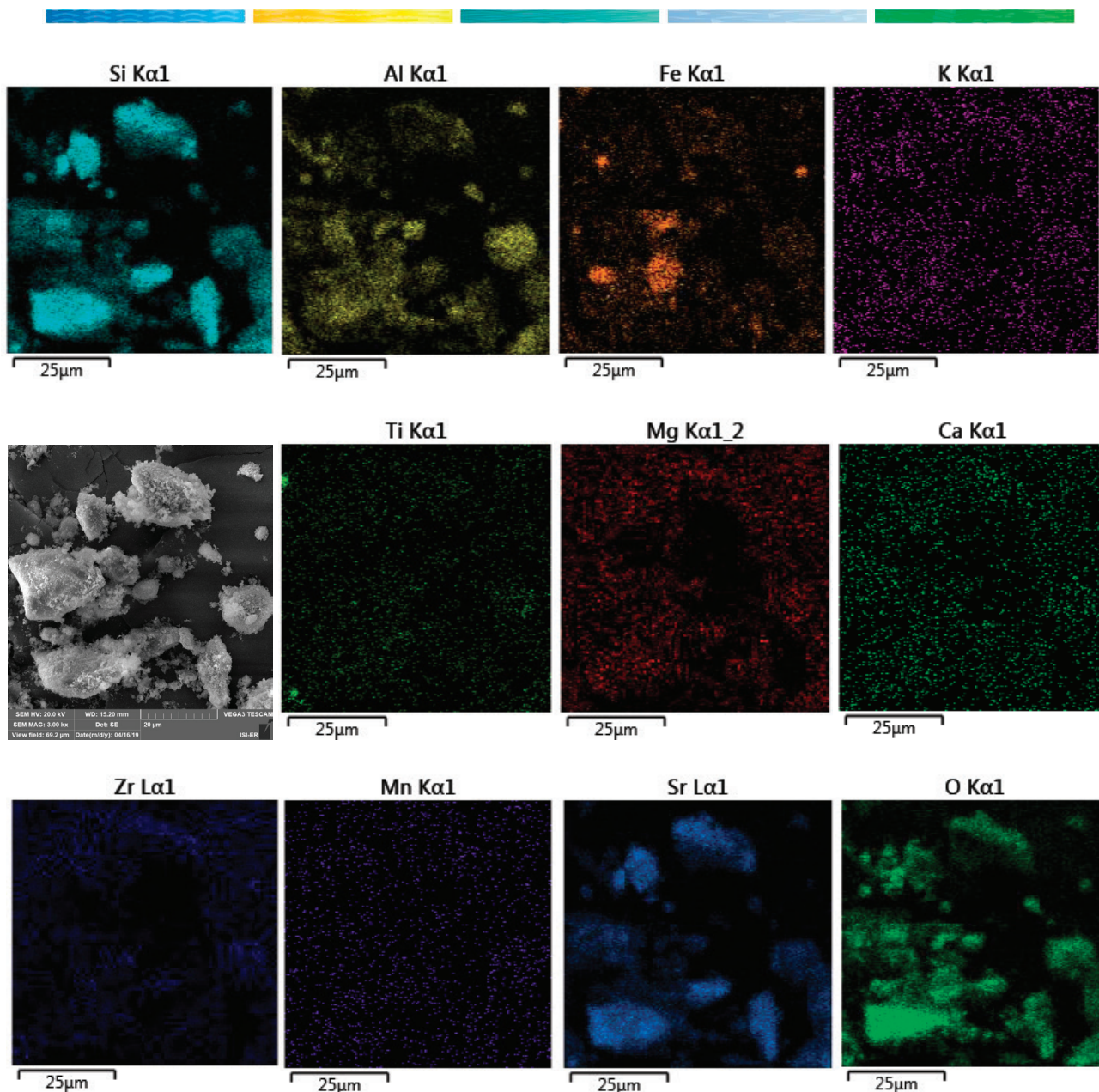


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 082.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 082.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 082	14,42	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 082.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	3,00	97,00
600	7,80	92,20
180	17,20	82,80
53	29,50	70,50
32	34,60	65,40
Aparador	100,00	-

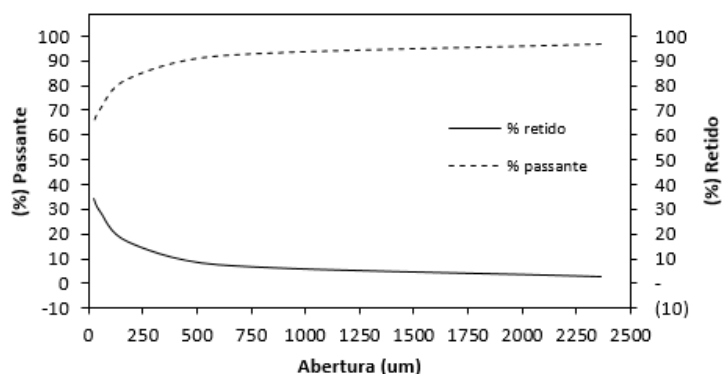


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 082.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 082, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 082 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 082	850°C	1,46 ± 0,23	13,85 ± 0,38	26,81 ± 0,54	1,94 ± 0,01	3,59 ± 0,19
	900°C	0,71 ± 0,02	13,96 ± 0,12	27,10 ± 0,23	1,94 ± 0,01	4,59 ± 0,35
	950°C	0,90 ± 0,06	13,95 ± 0,11	27,12 ± 0,16	1,96 ± 0,04	4,20 ± 0,58

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 082.

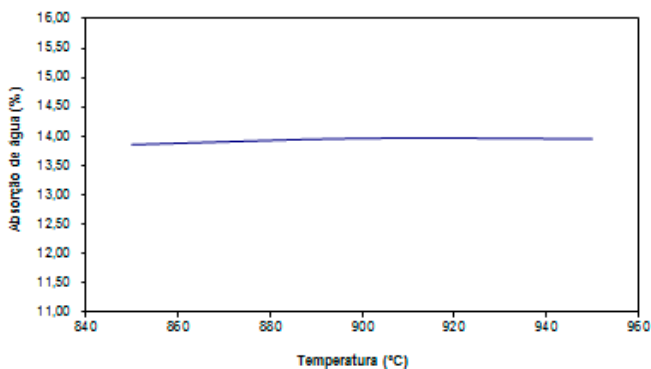


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

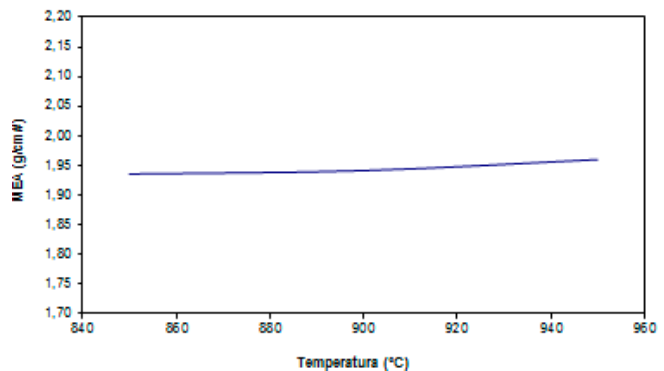


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

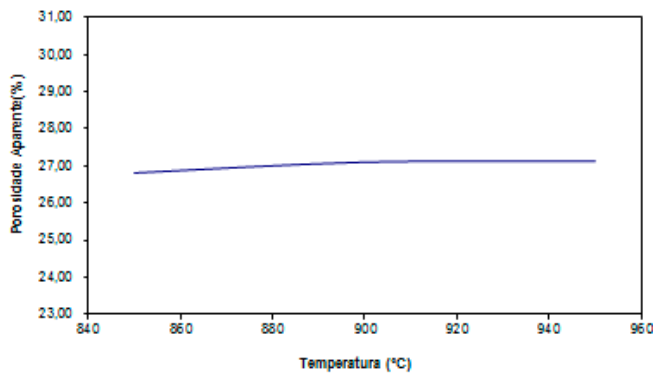


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

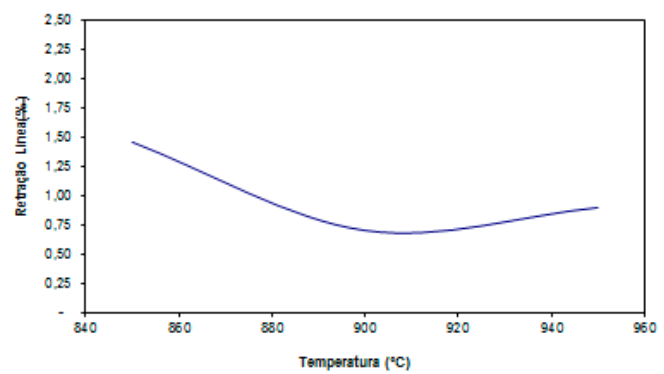


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1869/19-LABEMAT

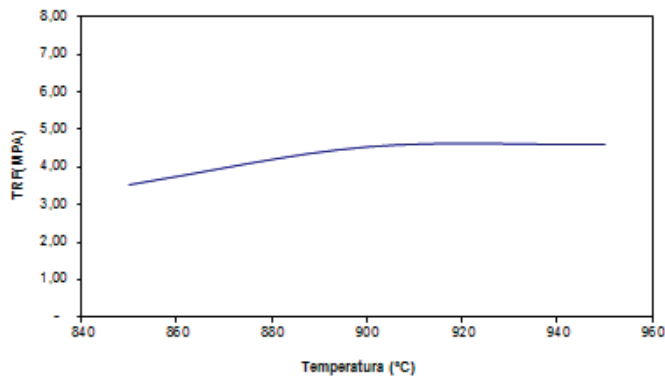


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 082 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 082				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya M^ª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 1869/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 082.

Amostra FFV 082	850°C	900°C	950°C
	Marrom Claro	Marrom Claro	Marrom Claro

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 083.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 083.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 083.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 083.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 083.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 083.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 083.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 083.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 083.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 083.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 083.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 083.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 083 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 083

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 083

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 083 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 083.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 083.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	MnO	ZnO	PF
% em peso	51,58	32,29	4,73	1,96	0,87	0,81	0,13	0,06	0,03	0,01	7,53

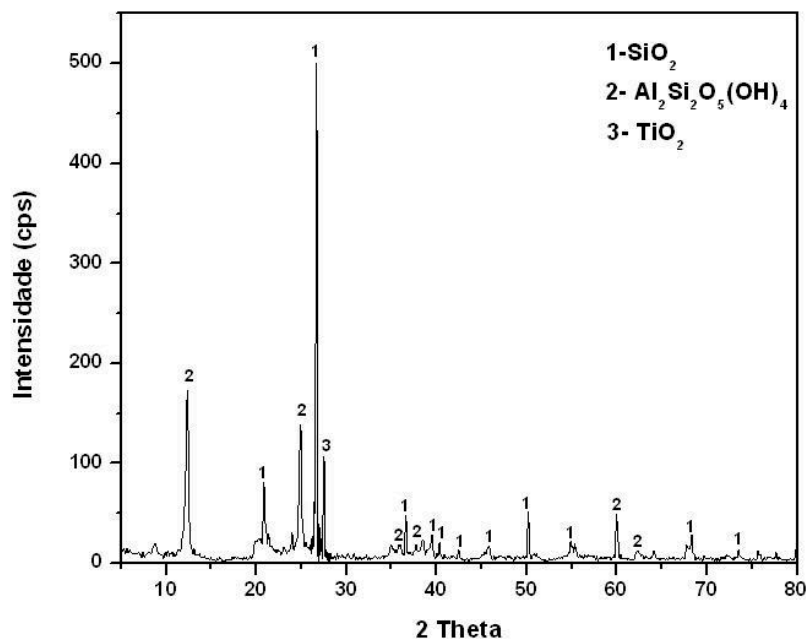


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 083.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 083, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

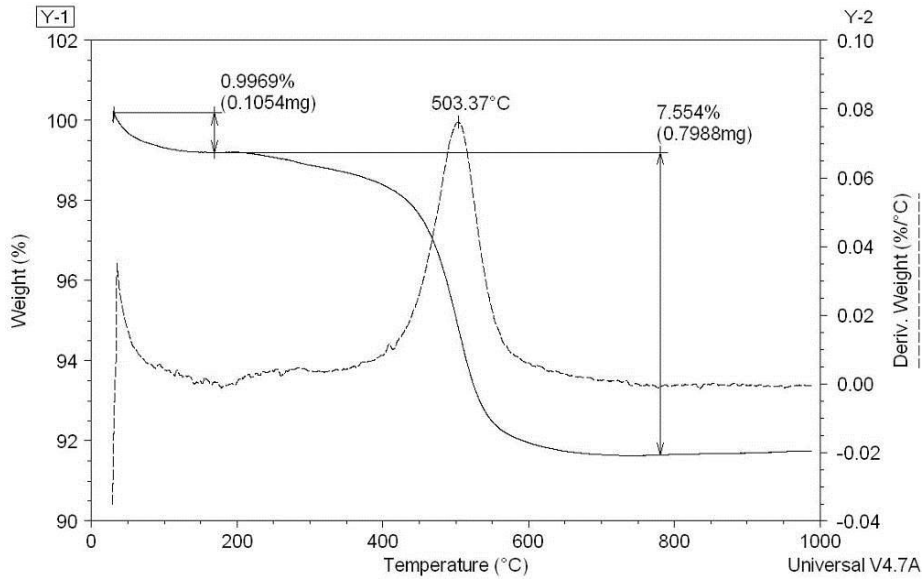


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 083.

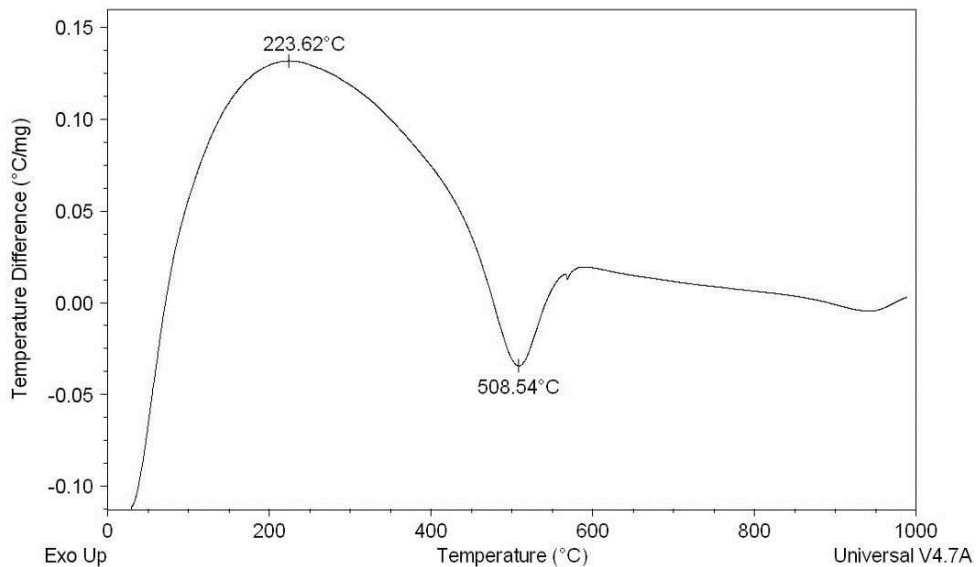


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 083.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 083 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão as partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 083 é apresentado na Figura 07.

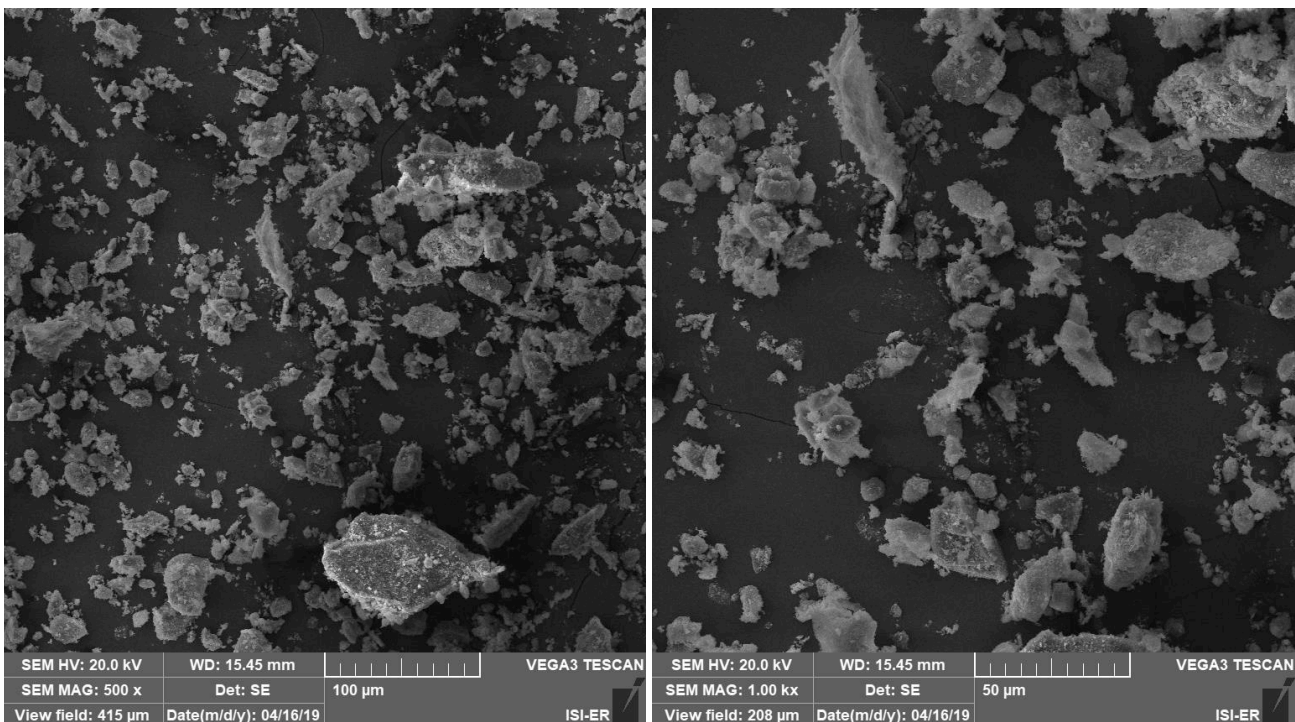


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 083.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

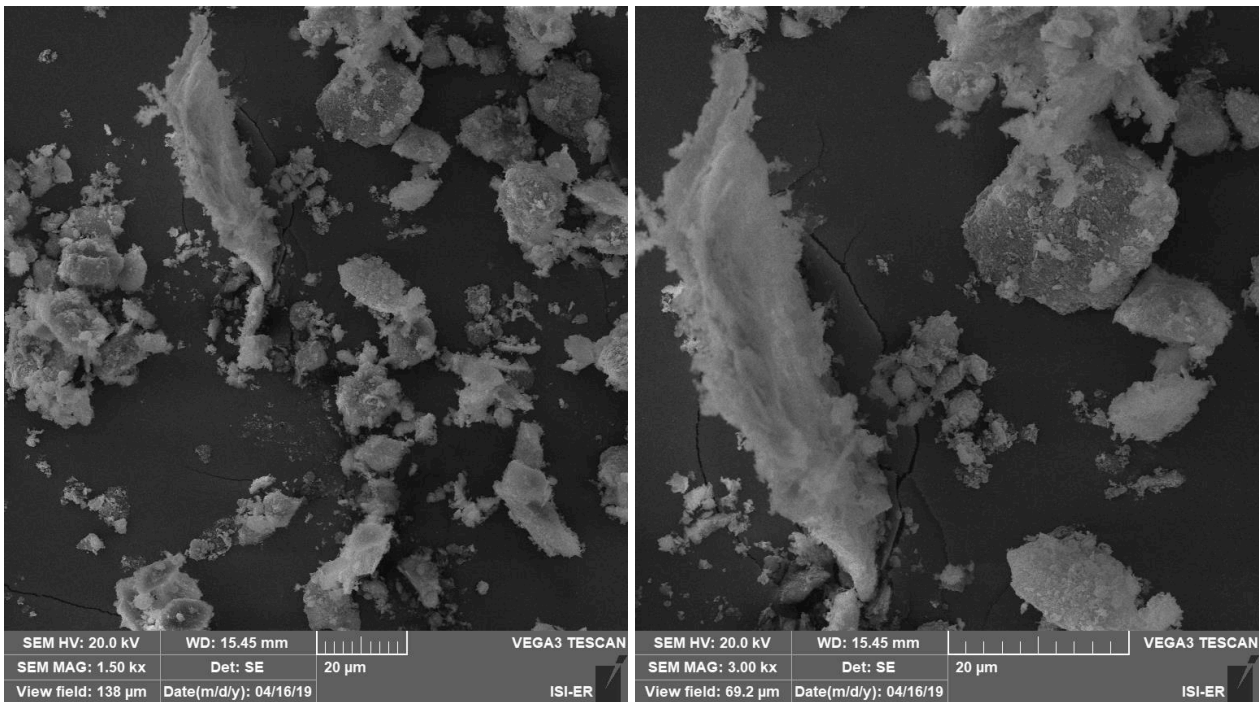


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 083.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

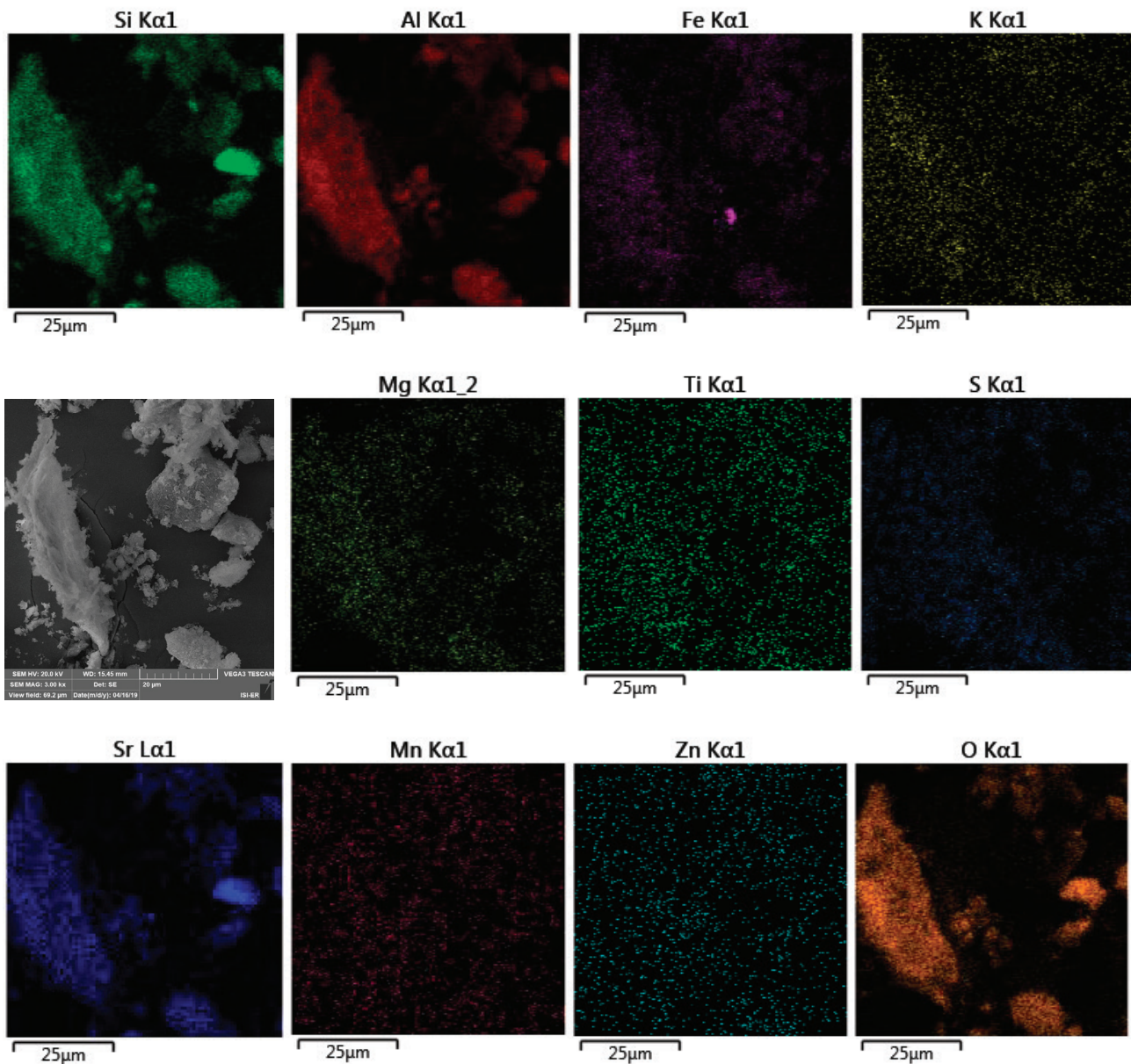


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 083.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 083.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 083	12,30	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 083.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	0,70	99,30
600	12,70	87,30
180	33,60	66,40
53	47,60	52,40
32	51,00	49,00
Aparador	100,00	-

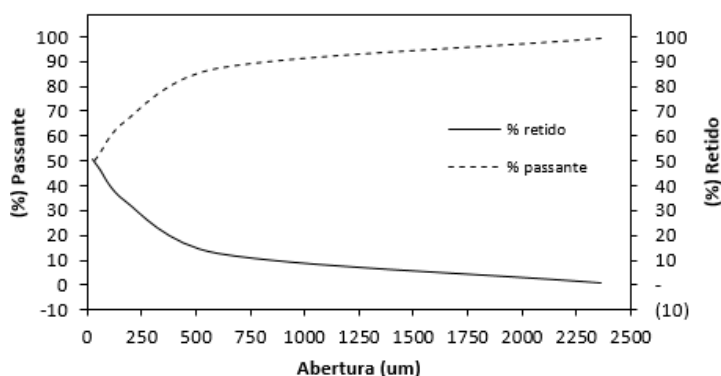


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 083.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 083, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 083 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 083	850°C	0,18 ± 0,01	16,45 ± 0,31	31,74 ± 0,79	1,84 ± 0,05	2,06 ± 0,44
	900°C	0,37 ± 0,01	17,75 ± 0,32	32,31 ± 0,43	1,82 ± 0,01	3,08 ± 0,14
	950°C	0,58 ± 0,00	17,91 ± 0,23	32,80 ± 0,28	1,83 ± 0,01	2,91 ± 0,22

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 083.

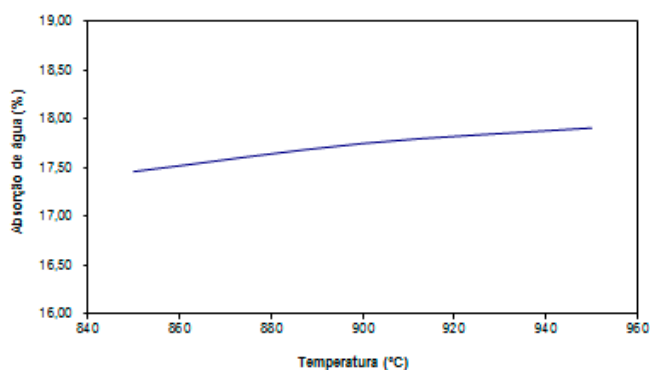


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

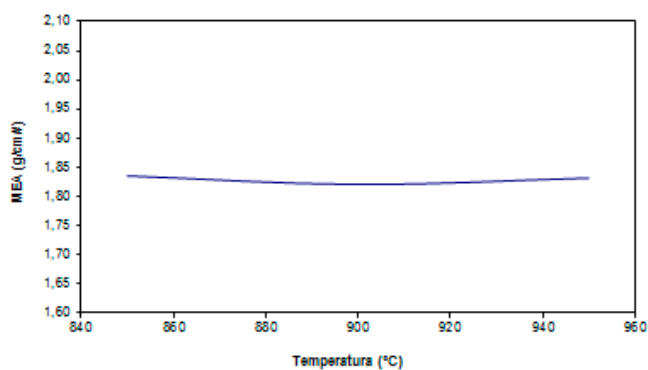


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

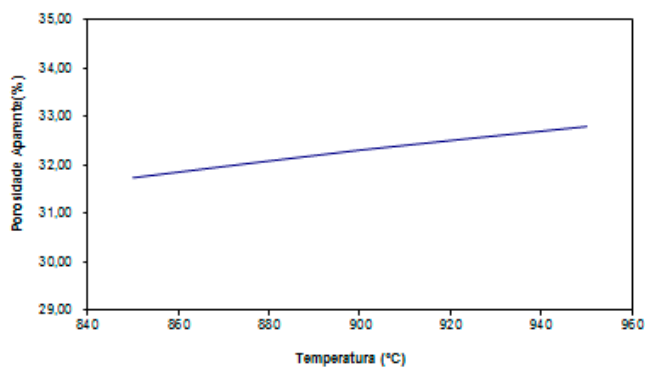


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

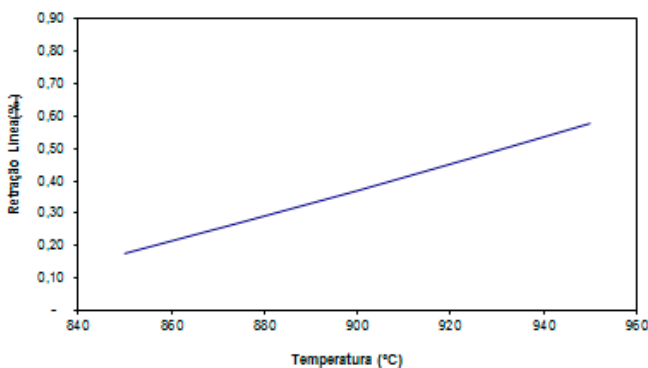


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1306/19-LABEMAT

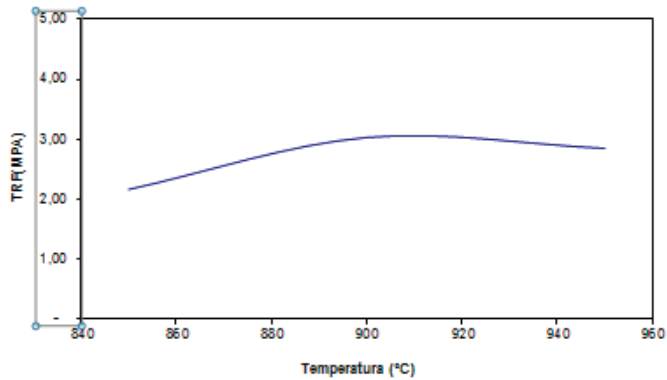


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 083 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 083				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys K. Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 1306/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 083.

Amostra FFV 083	850°C	900°C	950°C
	Rosa	Rosa Claro	Rosa

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT



RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 084.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 084.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 084.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 084.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 084.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 084.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 084.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 084.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 084.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 084.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 084.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 084.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 084 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 084

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 084

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 084 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 084.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 084.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	SO ₃	ZrO ₂	SrO	PF
% em peso	44,69	34,48	10,78	1,22	0,60	0,10	0,06	0,01	8,06

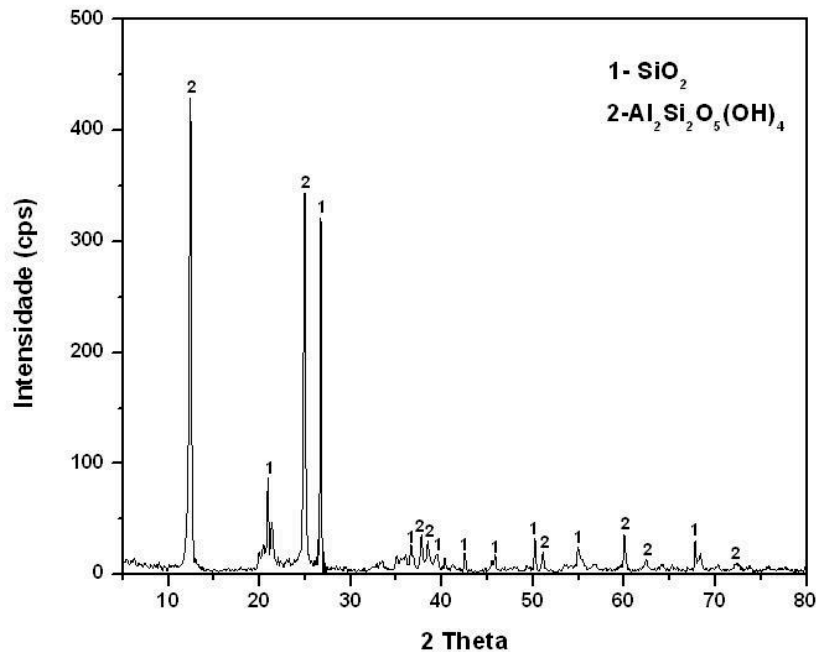


Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 084.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 084, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

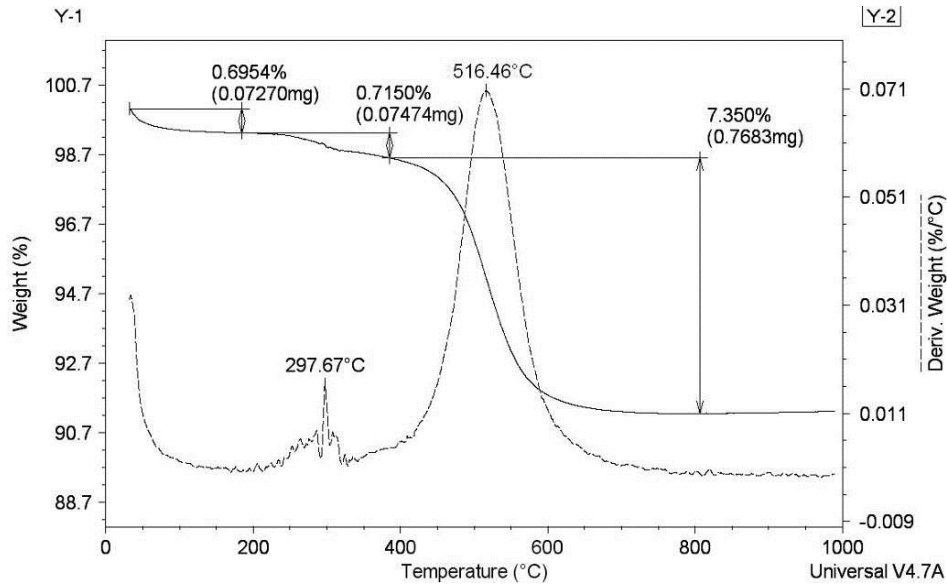


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 084.

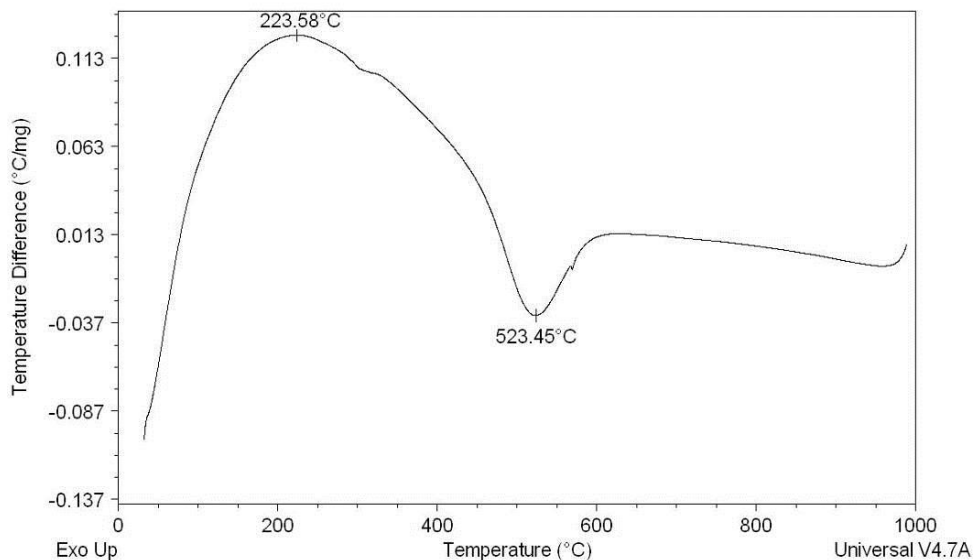


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 084.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 084 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão as partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 084 é apresentado na Figura 07.

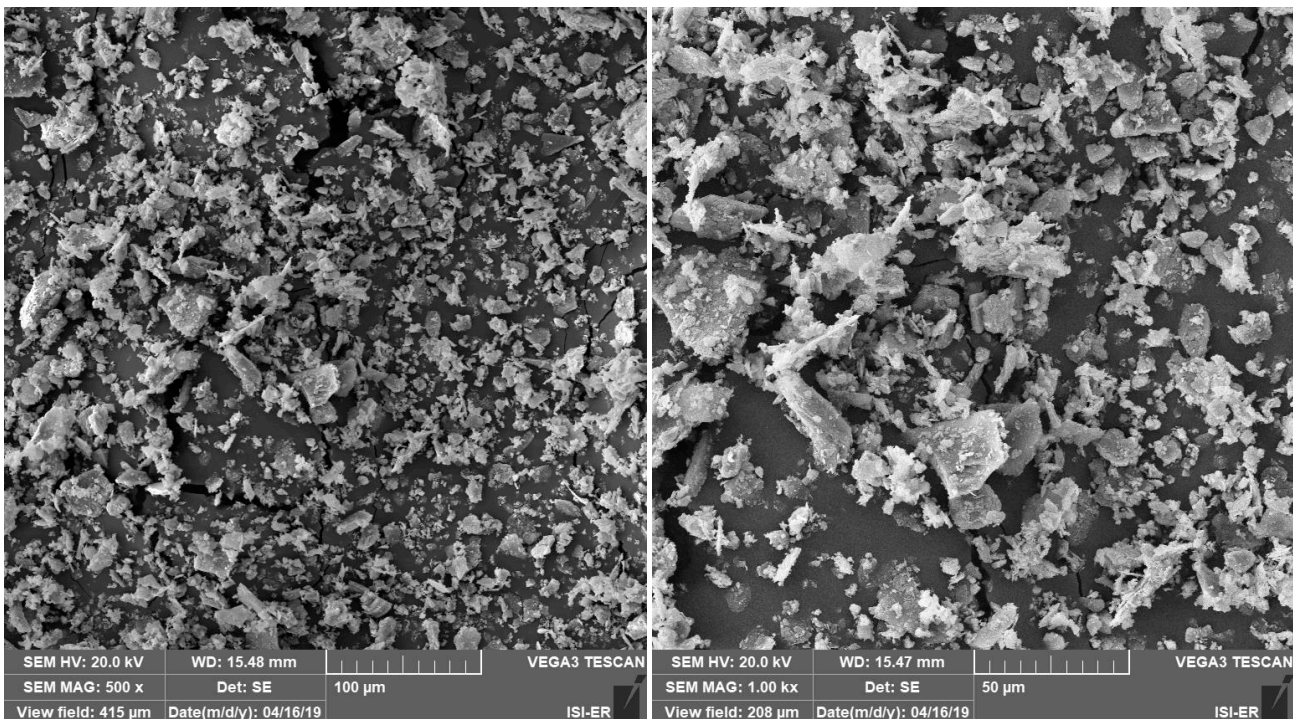


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 084.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

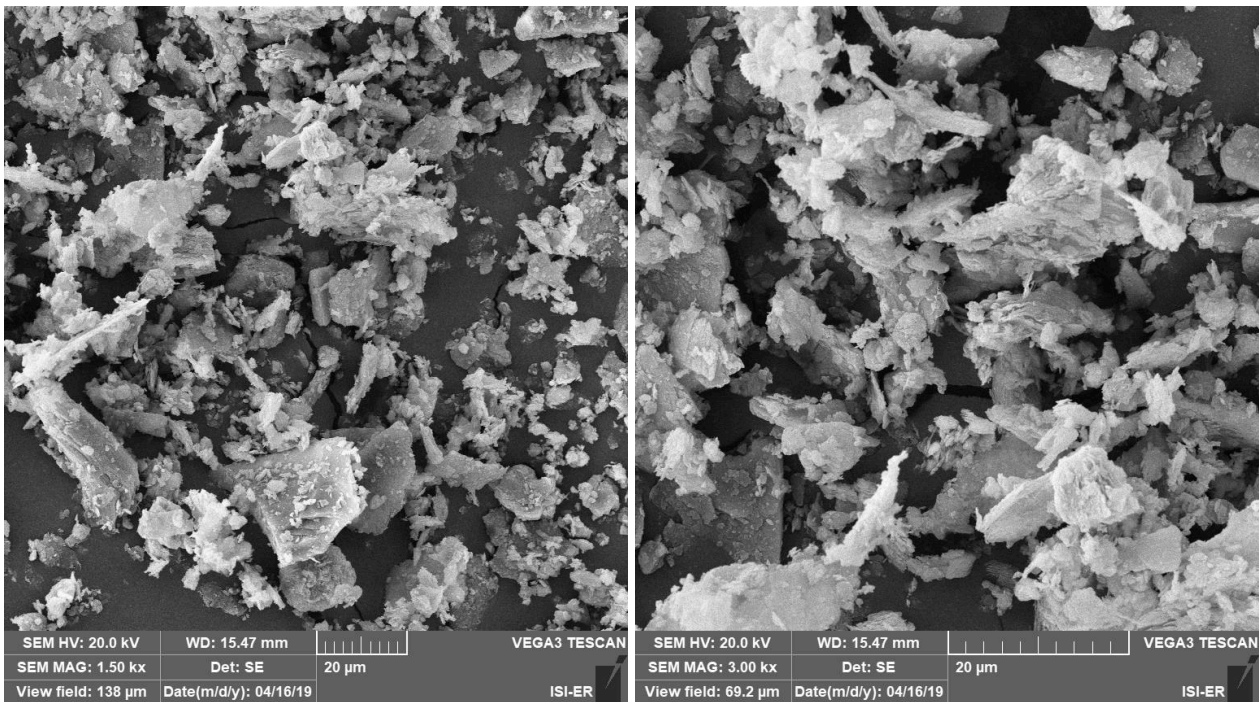


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 084.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

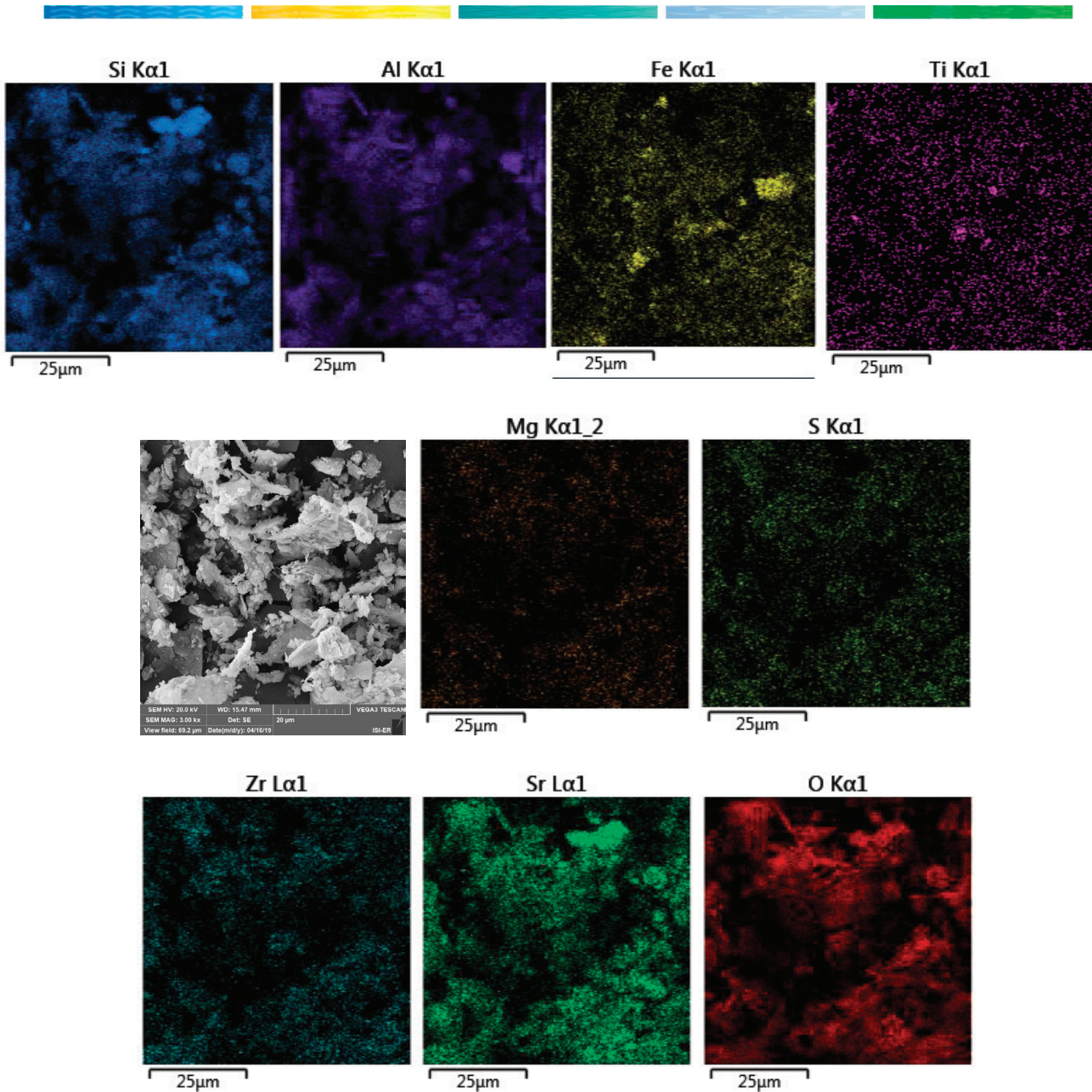


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 084.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 084.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 084	7,81	Mediamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 084.

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	-	100,00
600	9,30	90,70
180	30,50	69,50
53	38,30	61,70
32	39,60	60,40
Aparador	100,00	-

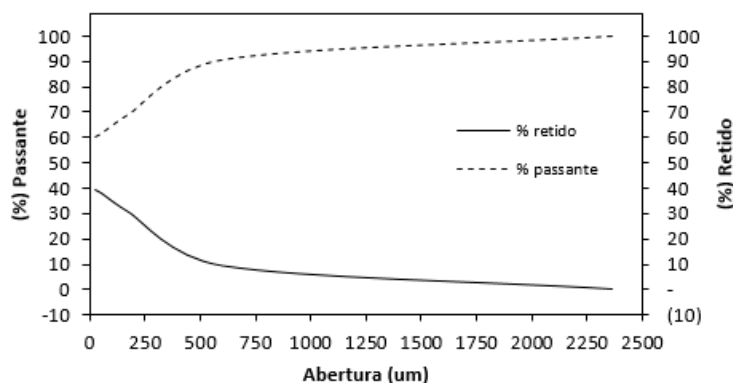


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 084.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 084, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 084 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Cor	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 084	850°C	Verm. Claro	0,41 ± 0,01	17,97 ± 0,19	33,19 ± 0,23	1,83 ± 0,01	1,46 ± 0,19
	900°C	Verm. Claro	0,50 ± 0,04	18,13 ± 0,21	32,68 ± 0,25	1,84 ± 0,01	1,83 ± 0,04
	950°C	Verm. Claro	0,98 ± 0,02	18,39 ± 0,19	34,10 ± 0,23	1,85 ± 0,01	1,95 ± 0,13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 084.

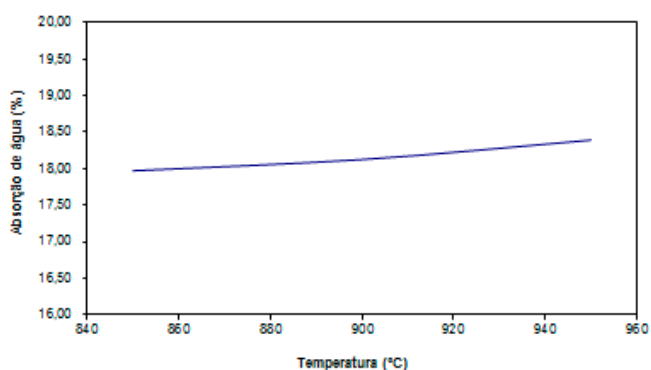


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

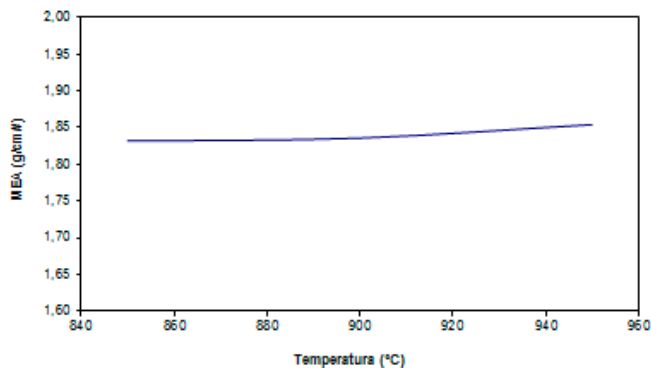


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

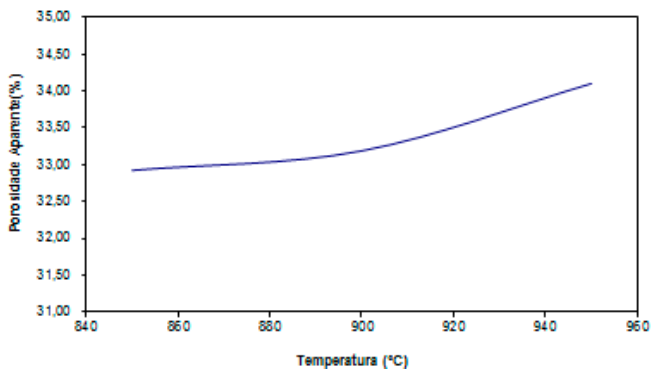


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

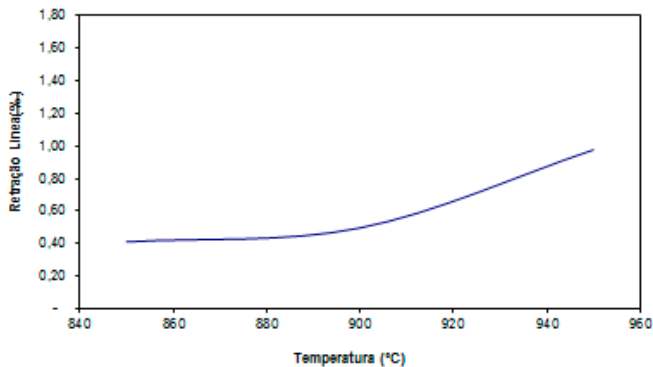


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 3424/19-LABEMAT

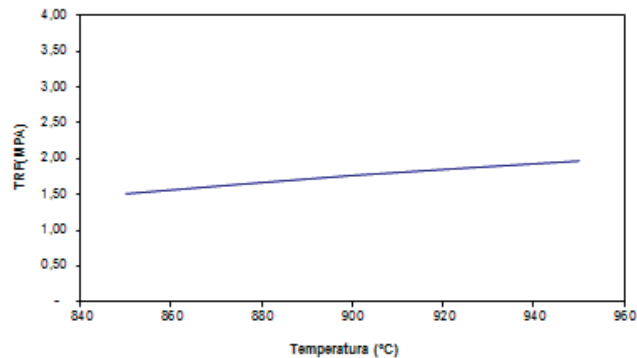


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 084 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 084				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 3424/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 084.

Amostra FFV 084	850°C	900°C	950°C
	Rosa	Rosa	Rosa

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 085.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 085.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 085.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 085.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 085.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 085.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 085.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 085.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 085.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 085.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 085.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 085.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 085 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 085

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 085

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 085 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 085.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 085.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	PF
% em peso	56,46	28,64	6,97	1,20	0,13	0,08	6,52

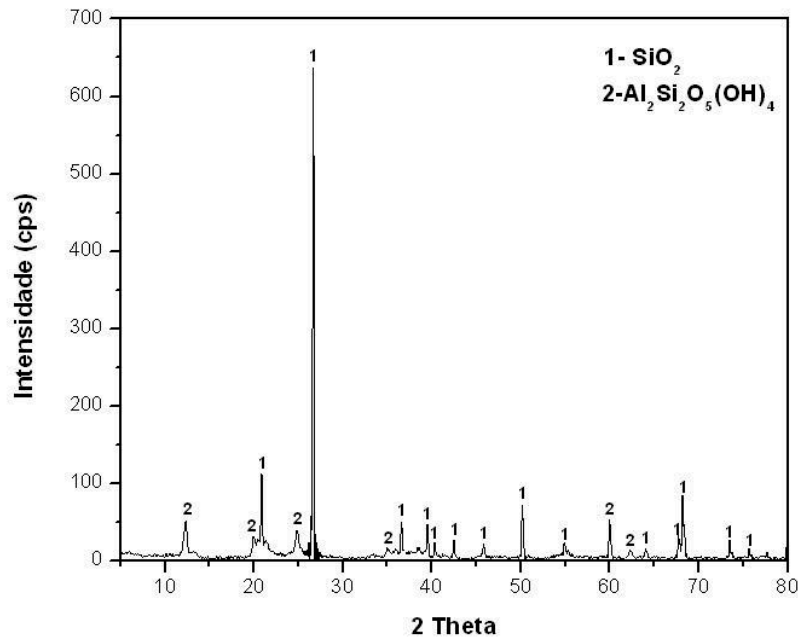


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 085.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 085, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

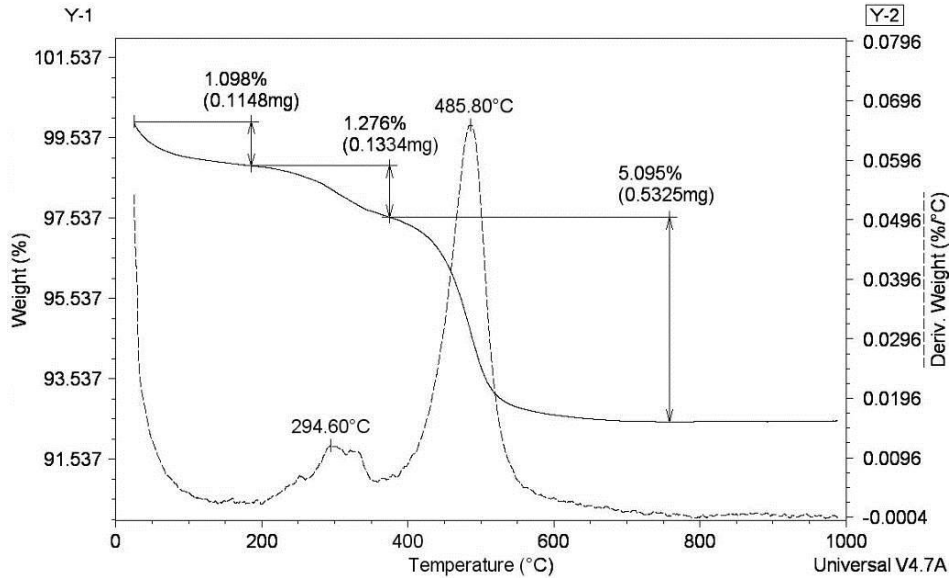


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 085.

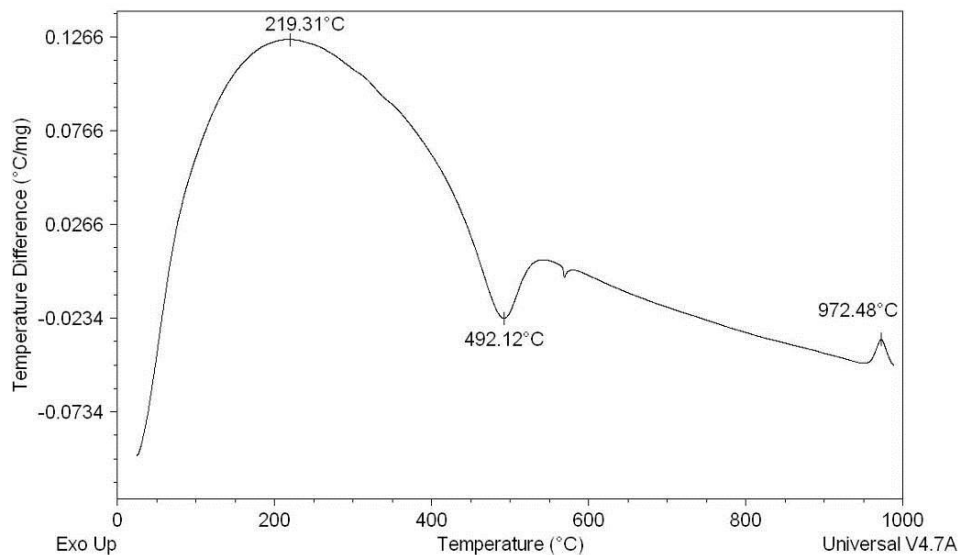


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 085.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 085 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 085 é apresentado na Figura 07.

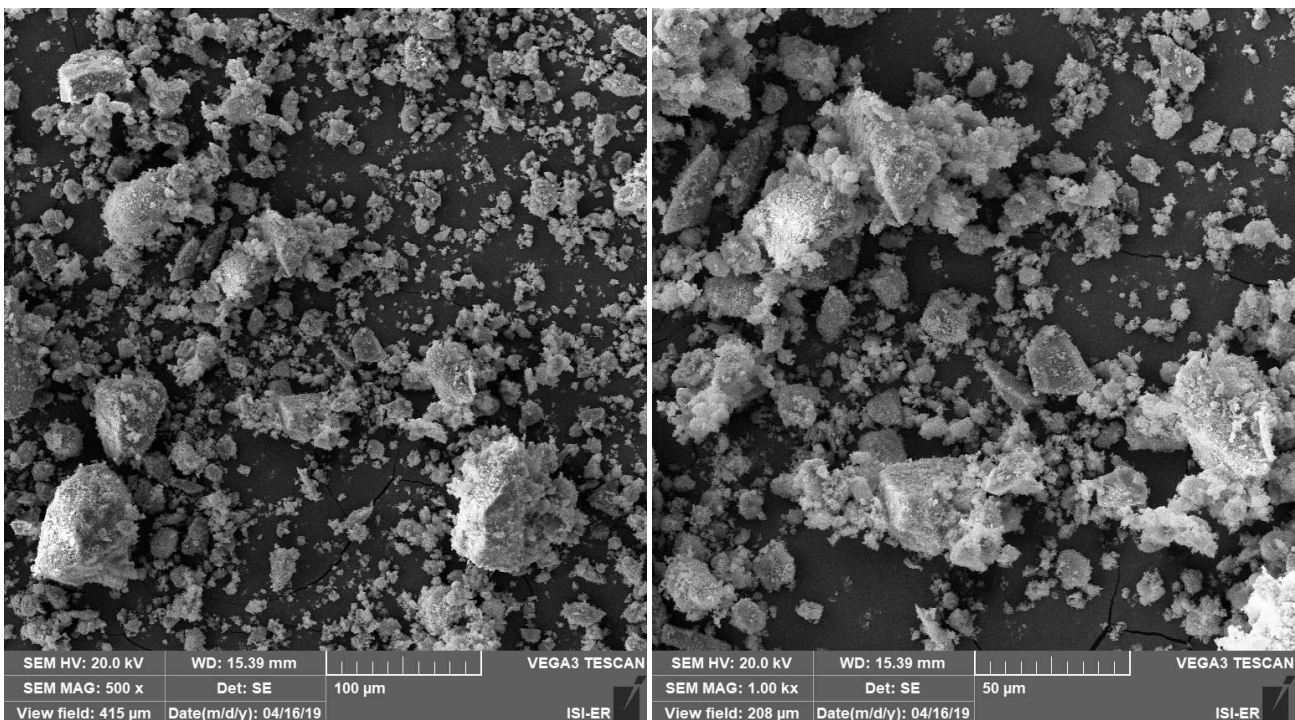


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 085.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

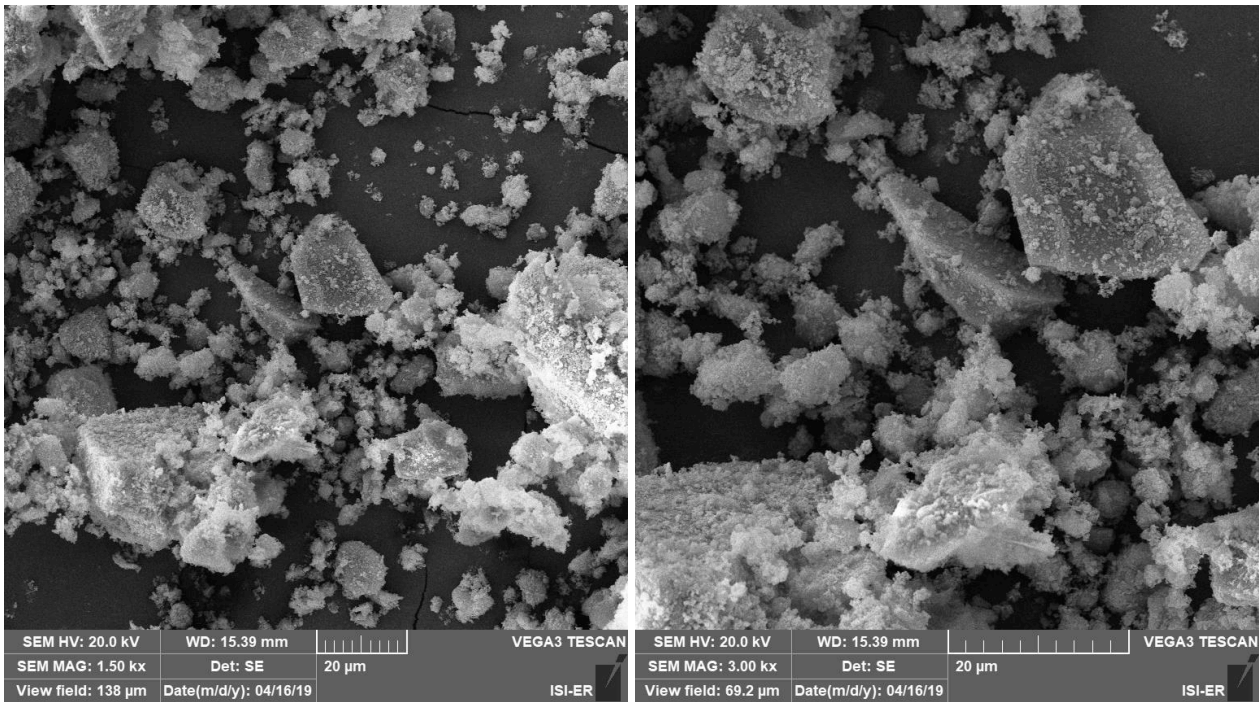


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 085.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

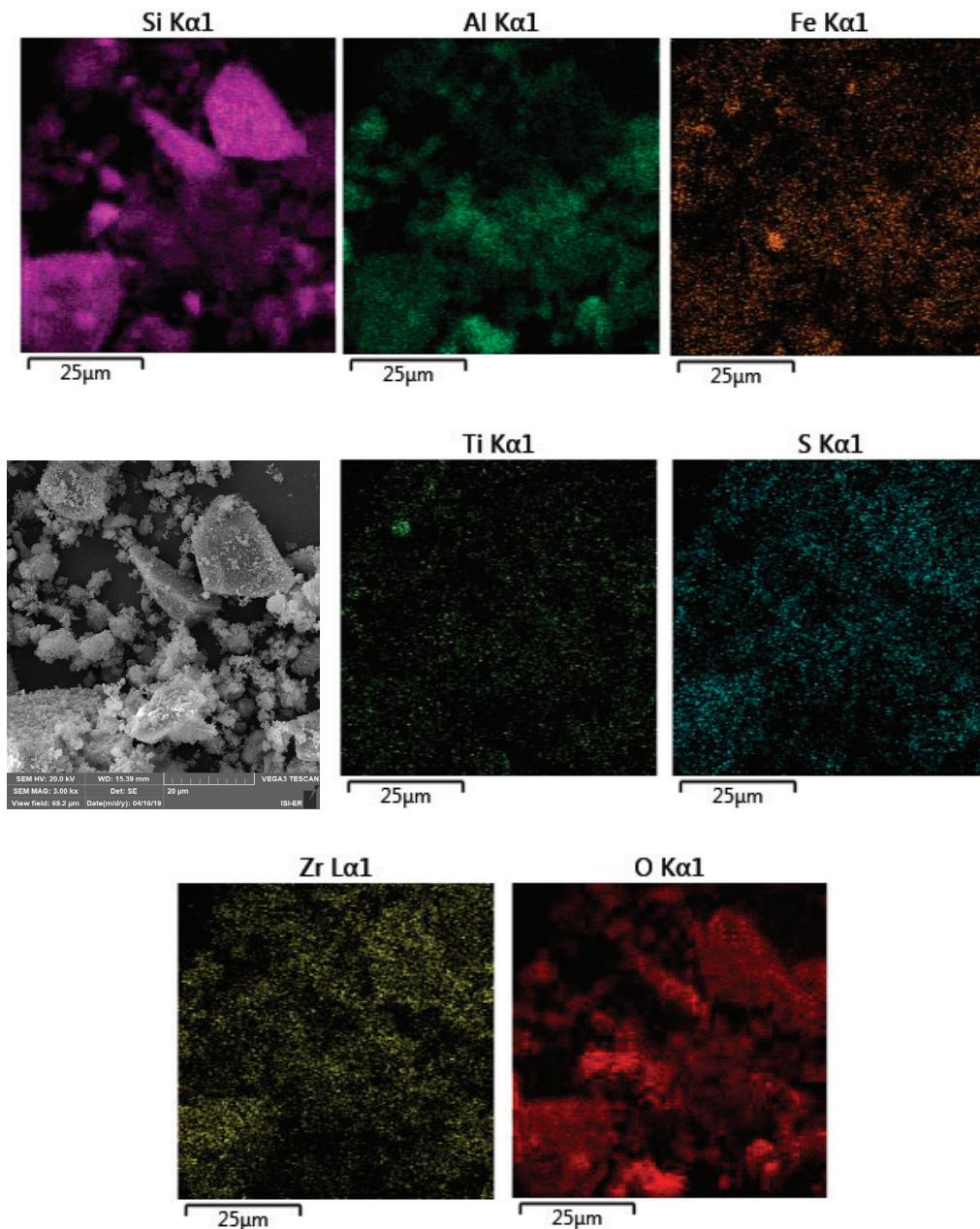


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 085.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 085.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 085	15,97	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 085

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	1,60	98,40
600	18,40	81,60
180	43,40	56,60
53	54,90	45,10
32	56,20	43,80
Aparador	100,00	-

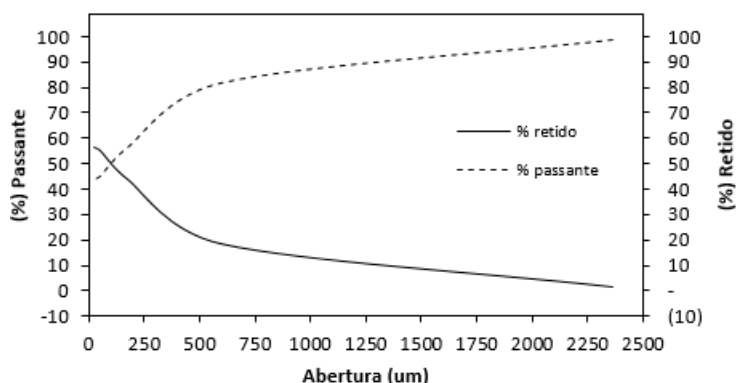


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 085.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 085, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 085 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	TRF (Mpa)
FFV 085	850°C	0,11 ± 0,11	17,99 ± 0,33	32,87 ± 0,39	1,83 ± 0,01	1,17 ± 0,13
	900°C	0,20 ± 0,04	18,17 ± 0,21	33,32 ± 0,23	1,83 ± 0,01	1,40 ± 0,13
	950°C	0,27 ± 0,02	18,77 ± 0,40	34,25 ± 0,47	1,83 ± 0,01	1,45 ± 0,12

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 085.

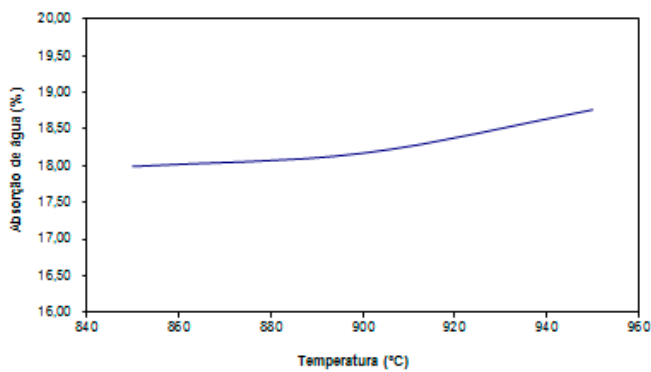


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

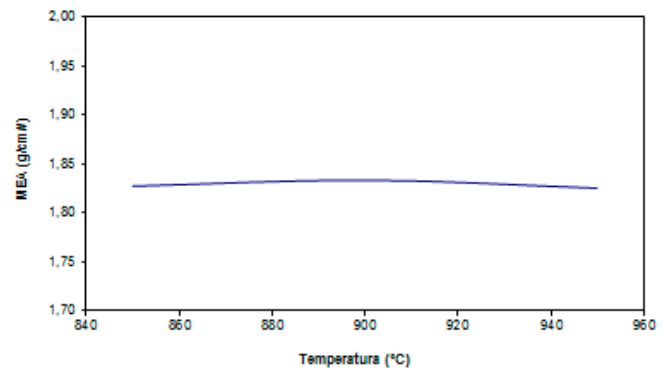


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

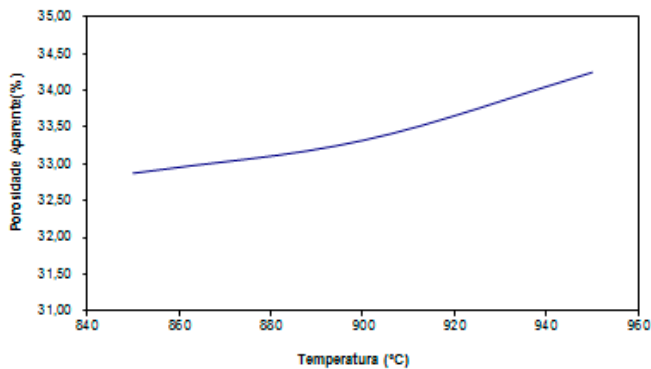


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

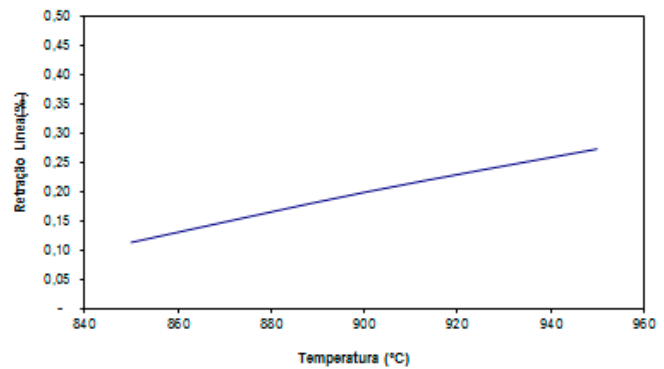


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 4104/19-LABEMAT

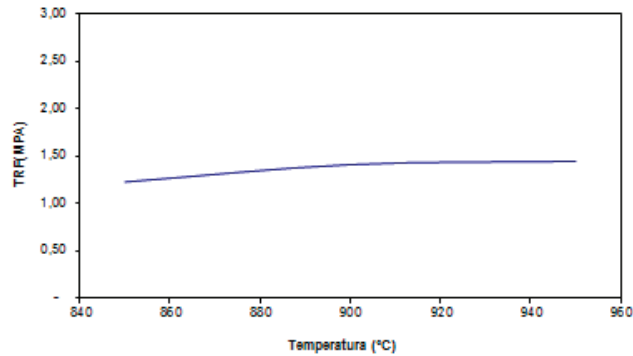


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 085 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 085				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 4104/19-LABEMAT



Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 085.

Amostra FFV 085	850°C	900°C	950°C
	Vermelho	Vermelho	Vermelho

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS
Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.
Fone: 55(0xx84) 3204-8091
<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 086.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 086.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 086.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 086.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 086.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 086.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 086.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 086.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 086.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 086.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 086.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 086.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 086 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 086

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 μm), 28# (600 μm), 80# (180 μm), 270# (53 μm) e 450# (32 μm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 086

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 086 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 086.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 086.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	ZrO ₂	CuO	ZnO	PF
% em peso	64,02	26,55	2,89	0,93	0,17	0,08	0,01	0,01	5,34

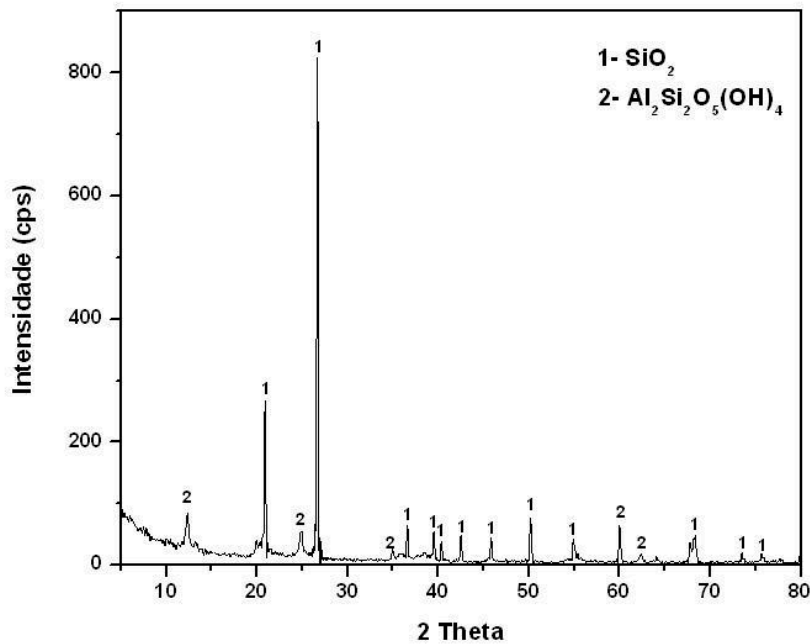


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 086.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 086, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

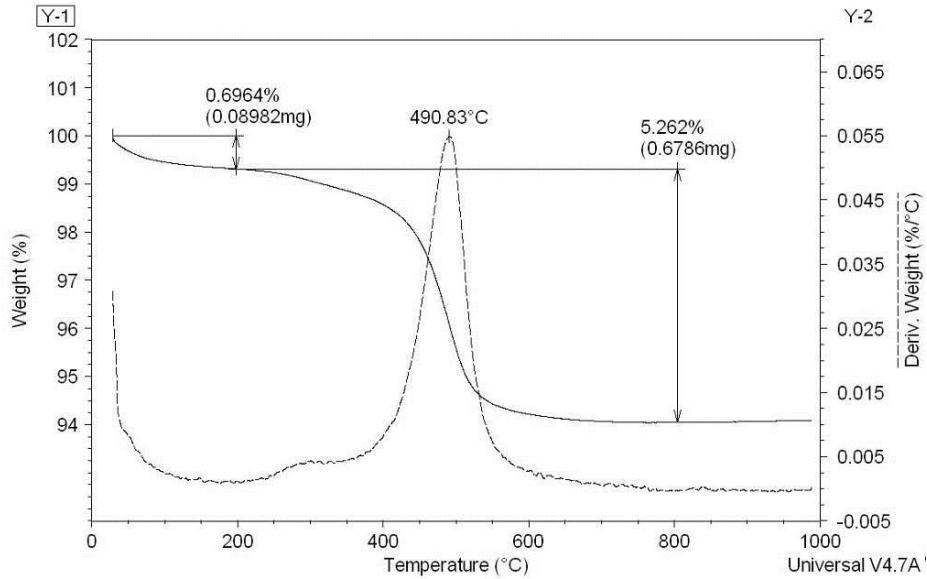


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 086.

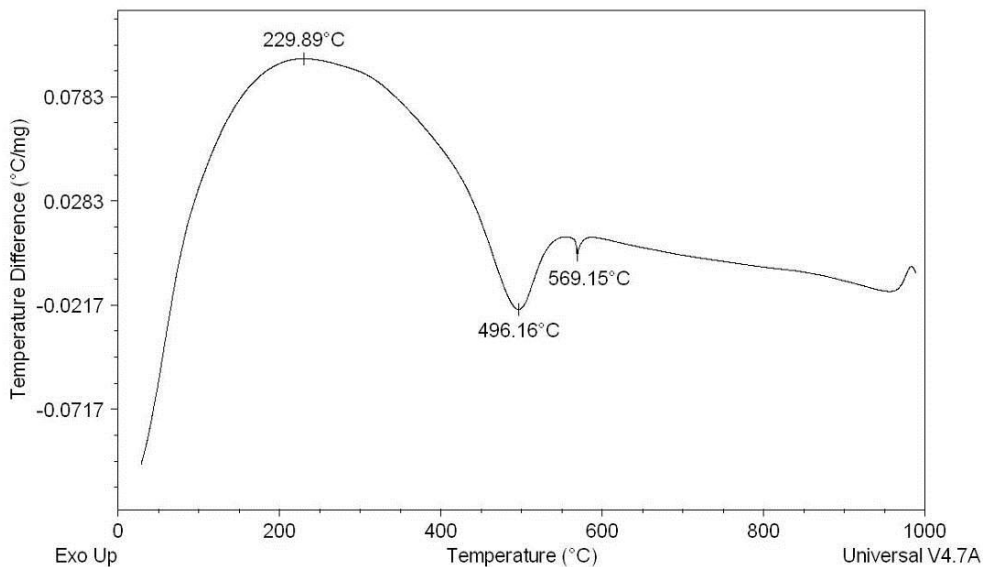


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 086.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 086 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão às partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 086 é apresentado na Figura 07.

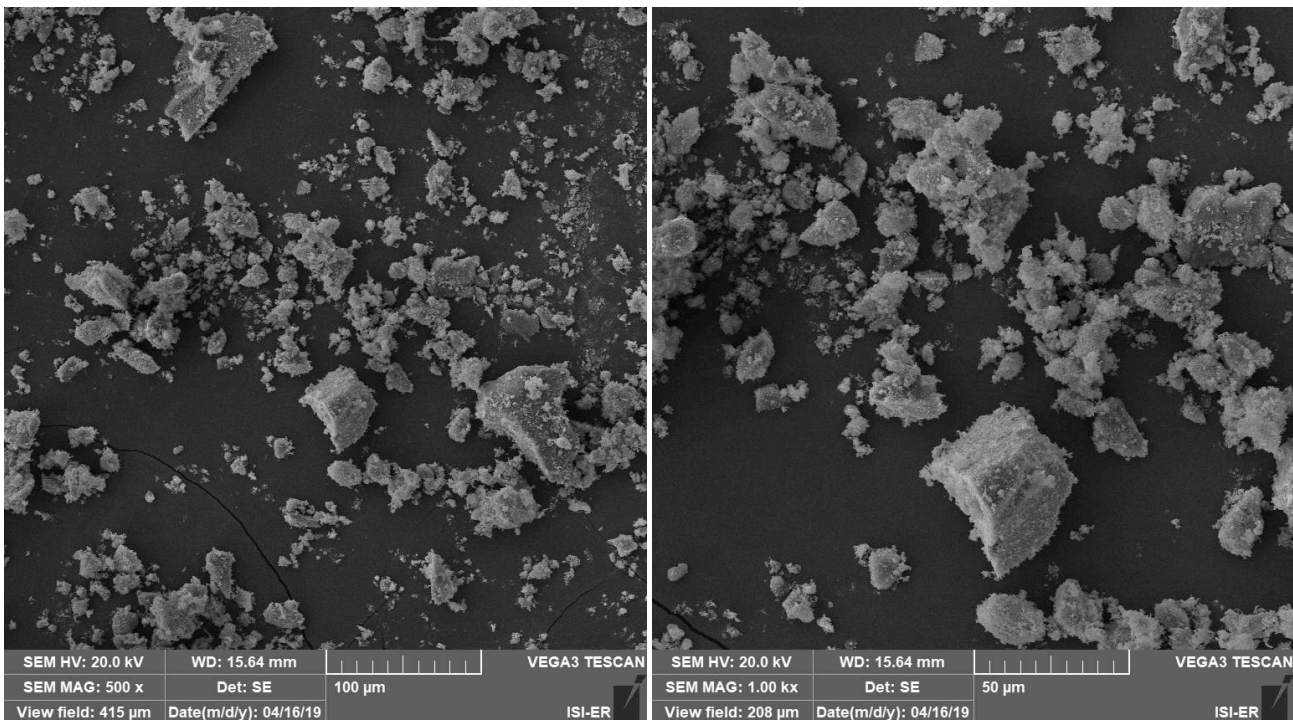


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 086.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

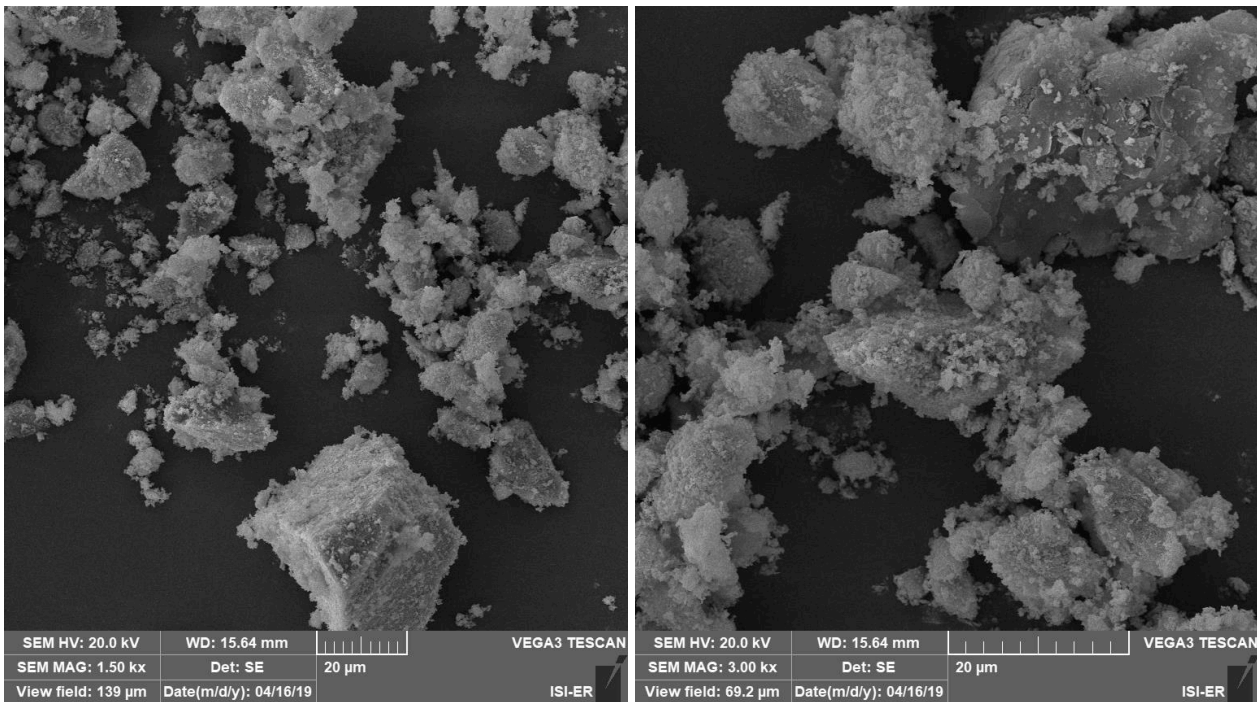


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 086.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

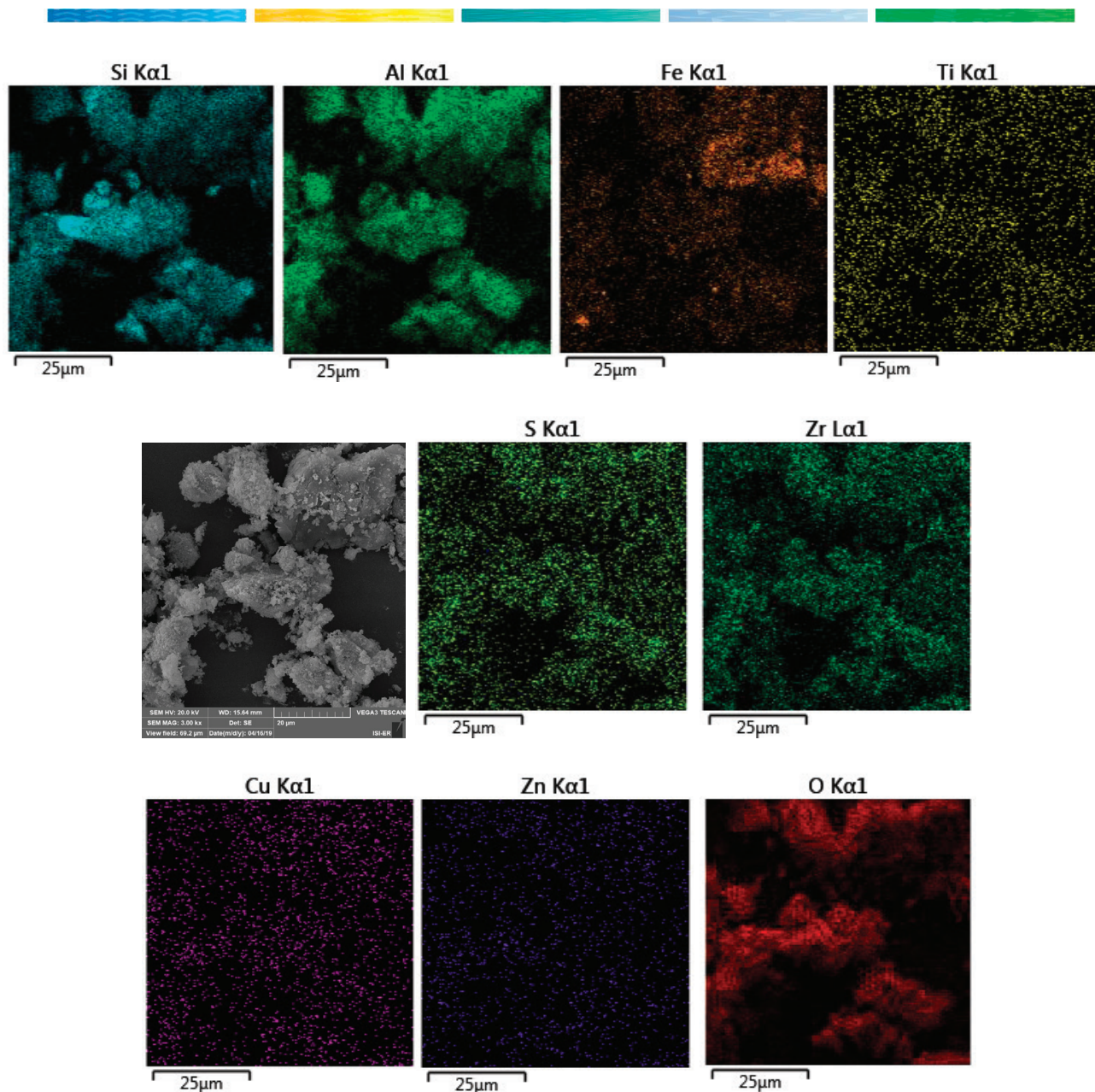


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 086.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 086.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 086	16,86	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 086

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	3,20	96,80
600	20,60	79,40
180	49,00	51,00
53	61,00	39,00
32	61,90	38,10
Aparador	100,00	-

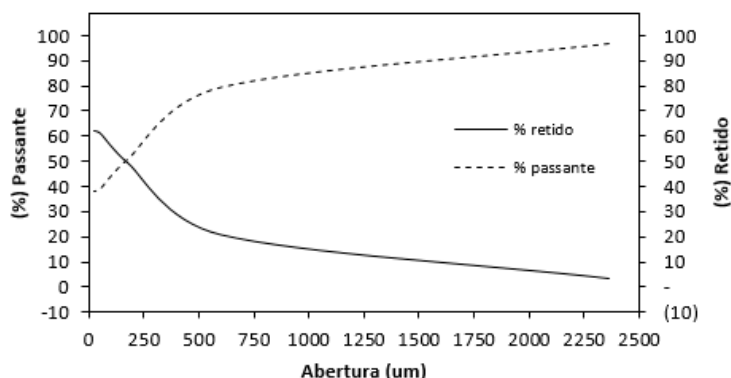


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 086

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 086, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 086 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 086	850°C	0,02 ± 0,02	16,05 ± 0,40	29,97 ± 0,52	1,87 ± 0,01	1,40 ± 0,12
	900°C	0,00 ± 0,02	16,12 ± 0,15	30,13 ± 0,19	1,87 ± 0,01	1,47 ± 0,17
	950°C	0,08 ± 0,01	16,73 ± 0,20	31,24 ± 0,25	1,87 ± 0,01	1,73 ± 0,13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 086.

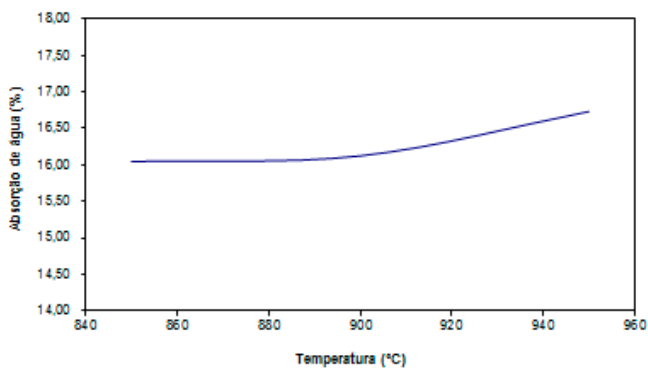


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

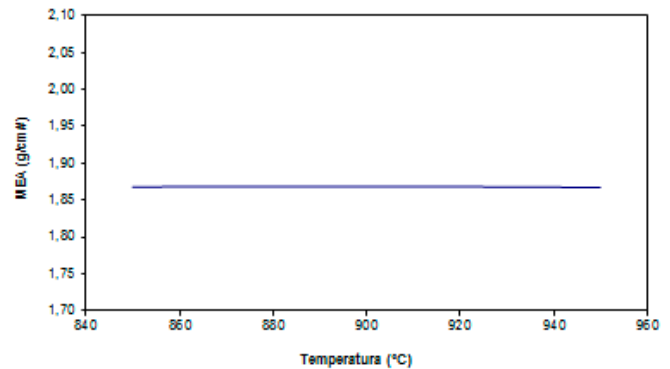


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

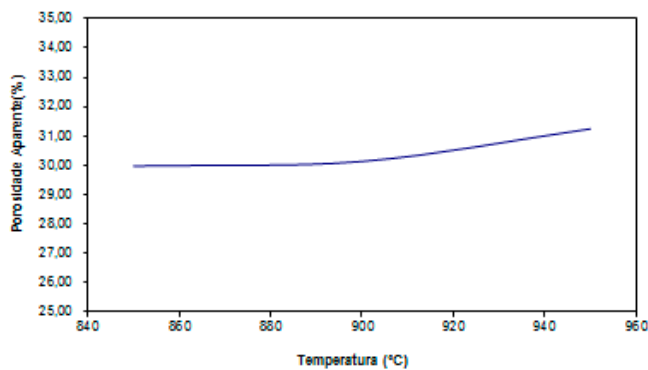


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

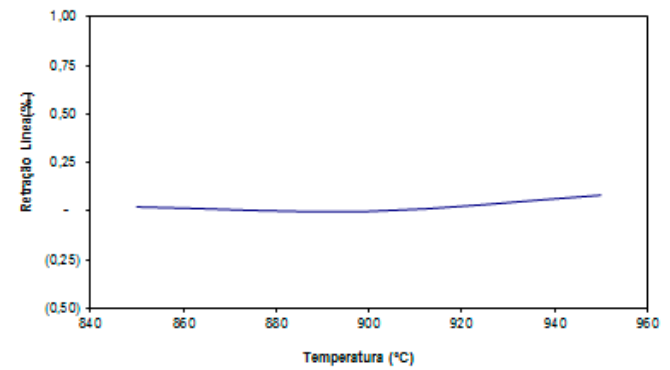


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 2049/19-LABEMAT

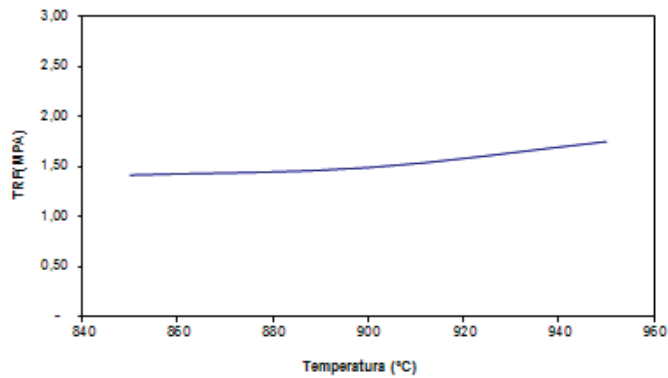


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 086 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 086				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya Mª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys K. Florentino de Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 2049/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 086.

Amostra FFV 086	850°C	900°C	950°C
	Bege	Bege claro	Bege

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE MATERIAIS

Cliente: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – PE.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

SUMÁRIO

1. PROCEDIMENTO.....	3
2. RESULTADOS.....	5
2.1. Amostra FFV 087.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 – Foto da Amostra FFV 087.....	5
Figura 02 – Difractometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 087.....	6
Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 087.....	7
Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 087.....	7
Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 087.....	8
Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 087.....	9
Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 087.....	10
Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 087.....	11
Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 10 – Curva de MEA em g/cm ³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	12
Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.....	13

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 087.....	6
Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 087.....	11
Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 087.....	11
Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 087 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.....	11
Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova.....	13

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

INFORMAÇÕES GERAIS

CLIENTE INTERESSADO: CPRM – Serviço Geológico do Brasil - PE

SOLICITANTE: Maria de Fátima Lyra de Brito

CONTATO: (81) 3316-1427. E-MAIL: fatima.brito@cprm.gov.br

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio tecnológicos em argila: caracterização química e mineralógica, análise térmica, análise granulométrica, Microscopia eletrônica de varredura e microanálise, determinação de índice de plasticidade, sinterização de corpos-de-prova prensados e avaliação das propriedades após queima.

AMOSTRA: FFV 087

Nº Ordem de Serviço: 0988/19.

Nº Proposta: 100/2018.

Data de recebimento: 18.03.2019 **Data de início do ensaio:** 18.03.2019 **Data de término do ensaio:** 13.05.2019

1. PROCEDIMENTO

A amostra entregue para análise, por solicitação do cliente foi submetida aos seguintes procedimentos:

- Caracterização de argila:
 - o Análise da Composição Química por Fluorescência de Raios-X;
 - o Análise Mineralógica por Difração de Raios-X;
- Análises Microscópicas:
 - o Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
 - o Microanálise por EDS.
- Análises Térmicas:
 - o Análise Termogravimétrica (TGA);
 - o Análise Termodiferencial (DTA).
- Ensaio Tecnológicos:
 - o Determinação do índice de plasticidade;
 - o Análise Granulométrica;
 - o Determinação do índice de retração linear de queima;
 - o Determinação da absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e massa específica aparente (MEA);
 - o Ensaio de tensão de ruptura à flexão.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

Para as análises químicas, mineralógicas, microscópicas e térmicas a amostra foi quarteada, seca em estufa por 12 h em temperatura de 110°C para remoção de umidade e, em seguida moída até a granulometria passante em 200#.

A análise química foi realizada pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu, que por limitação do método, analisa elementos que estão no intervalo entre Na (11) e U (92). Para a avaliação da perda ao fogo, o material foi seco em estufa por 24 h em temperatura de 110°C, em seguida foi aquecido até 1000°C por 60 minutos.

Para identificação mineralógica, parte do material foi submetida à análise de Difração de Raios-X (DRX) utilizando o equipamento XRD-6000 da SHIMADZU.

A análises termogravimétrica (TGA) e Análise Termodiferencial (DTA) foi feita no equipamento SDT Q600 da TA Instrument em atmosfera de Ar Sintético sob uma taxa de aquecimento de 20°C/min até a temperatura de 1000°C.

A Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizada no MEV VEGA 3 TESCAN e a microanálise por EDS pelo equipamento EDX- X-ACT da marca OXFORD.

O procedimento utilizado nos ensaios tecnológicos foi realizado na seguinte sequência:

- Para a avaliação da granulometria por peneira foram utilizadas cinco peneiras, sendo elas: 8# (2360 µm), 28# (600 µm), 80# (180 µm), 270# (53 µm) e 450# (32 µm);
- A determinação do Índice de plasticidade da argila foi feita a partir de ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, conforme normas NBR 6459 e 7180;
- Para produção dos corpos de prova, a amostra de argila foi desaglomerada até granulometria inferior a 80# e homogeneizada com adição de 10% de água, em seguida prensada em prensa manual em matriz retangular com dimensões de 100mmx10mmx10mm. Foram confeccionados 21 corpos-de-prova, utilizando-se uma pressão de 40 MPa para conformação. Em seguida os corpos-de-prova foram secos por 24 h em estufa a 110°C. Todos os corpos-de-prova secos foram medidos no comprimento utilizando paquímetro com resolução de 0,02 mm. Os corpos-de-prova foram sinterizados nas temperaturas de queima de 850°C, 900°C e 950°C. As taxas de aquecimento utilizadas foram de 10°C/min até 400°C, 2°C/min até 600°C e 10°C/min até a temperatura final de queima com o patamar de 120 minutos. O resfriamento se deu lentamente no interior do forno, de modo a evitar choques térmicos.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

- Após sinterizados, os corpos-de-prova foram avaliados em diversas propriedades, sendo elas: (I) índice de retração linear de queima; (II) absorção de água; (III) porosidade aparente; (IV) massa específica aparente e (V) tensão de ruptura à flexão. Todos os ensaios foram realizados seguindo procedimento interno baseado em Souza Santos¹, exceto a tensão de ruptura a flexão que teve como base a norma ASTM C 674.

2. RESULTADOS

2.1. Amostra FFV 087

A Figura 01 apresenta a fotografia da amostra FFV 087 entregue para análise. A Tabela 01 apresenta o resultado da análise química semiquantitativa obtida em percentuais dos óxidos detectados e o percentual de perda ao fogo para a amostra. A Figura 02 apresenta o resultado da análise mineralógica com identificação das fases da amostra.



Figura 01 – Foto da Amostra FFV 087.

¹ Livro: **Ciência e tecnologia das argilas**. Pêrsio Souza Santos – Volumes 1, 2 e 3.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

Tabela 01 - Resultado da análise química da Amostra FFV 087.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	ZrO ₂	NbO	PF
% em peso	48,94	29,97	11,58	1,39	0,19	0,16	0,12	0,01	7,64

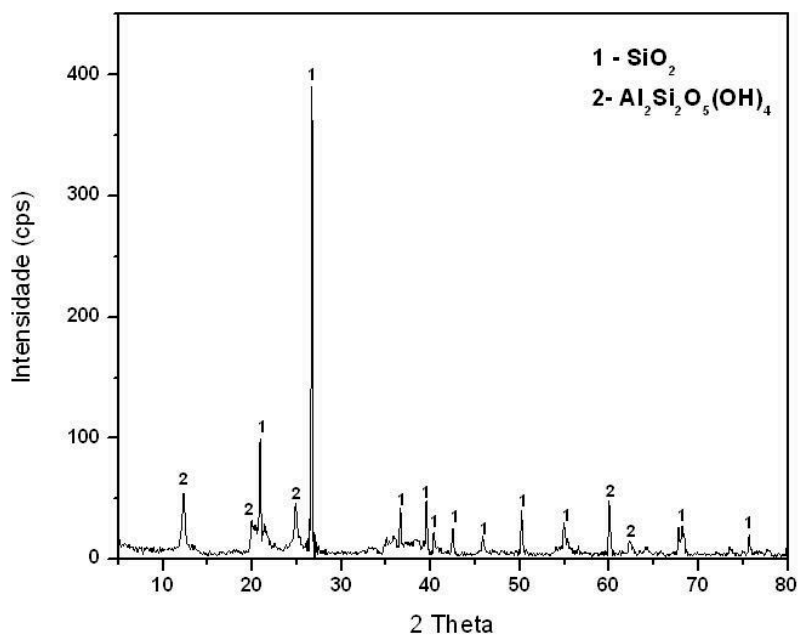


Figura 02 – Difratometria apresentando as fases identificadas na amostra FFV 087.

As Figuras 03 e 04 apresentam os resultados da Análise Térmica da amostra FFV 087, a Figura 03 apresenta o resultado da análise termogravimétrica (TGA), onde são mostrados os eventos de variação de massa com seu quantitativo indicado em percentual e em valor de massa. Em seguida a Figura 04 apresenta a análise termodiferencial (DTA) destacando os eventos endotérmicos e exotérmicos com as suas respectivas temperaturas.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

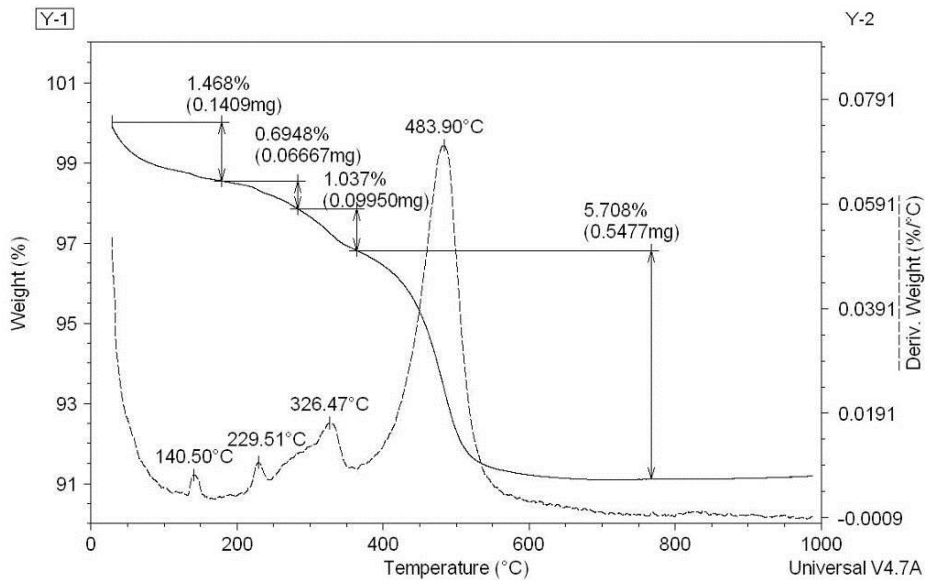


Figura 03 – Curvas TG e DrTG da amostra FFV 087.

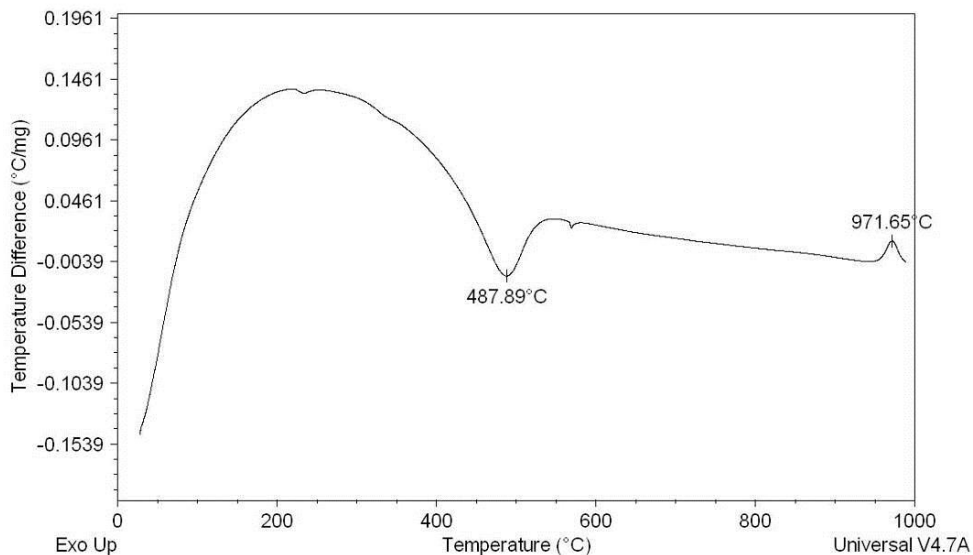


Figura 04 – Curva DTA da amostra FFV 087.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

As Figuras 05 e 06 apresentam micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura com as características gerais da morfologia observada para as partículas da amostra FFV 087 na granulometria passante em 200#. Na Figura 05 é apresentada uma visão geral de como estão as partículas através das ampliações de 500X e 1000X. Na Figura 06, com ampliações de 1500X e 3000X, observam-se com maiores detalhes as características individuais de cada partícula e como elas estão agregadas umas com as outras. O mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 087 é apresentado na Figura 07.

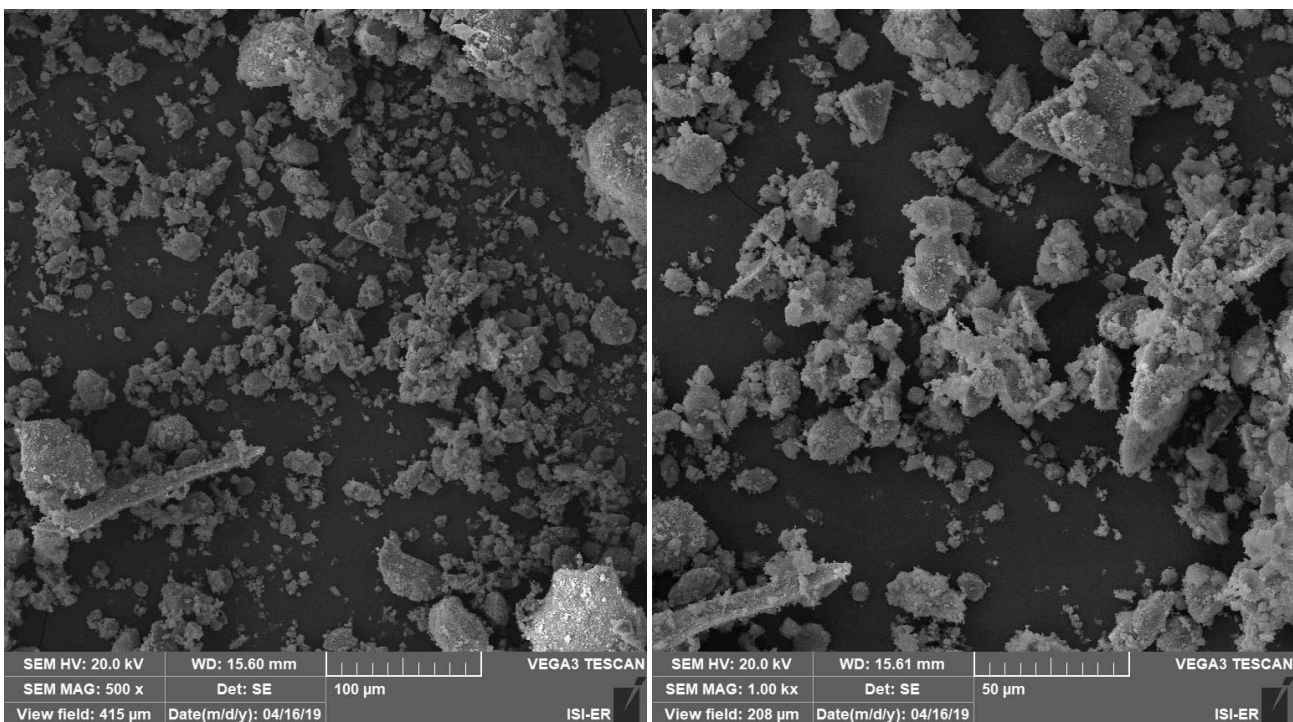


Figura 05 – Micrografias MEV da amostra FFV 087.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

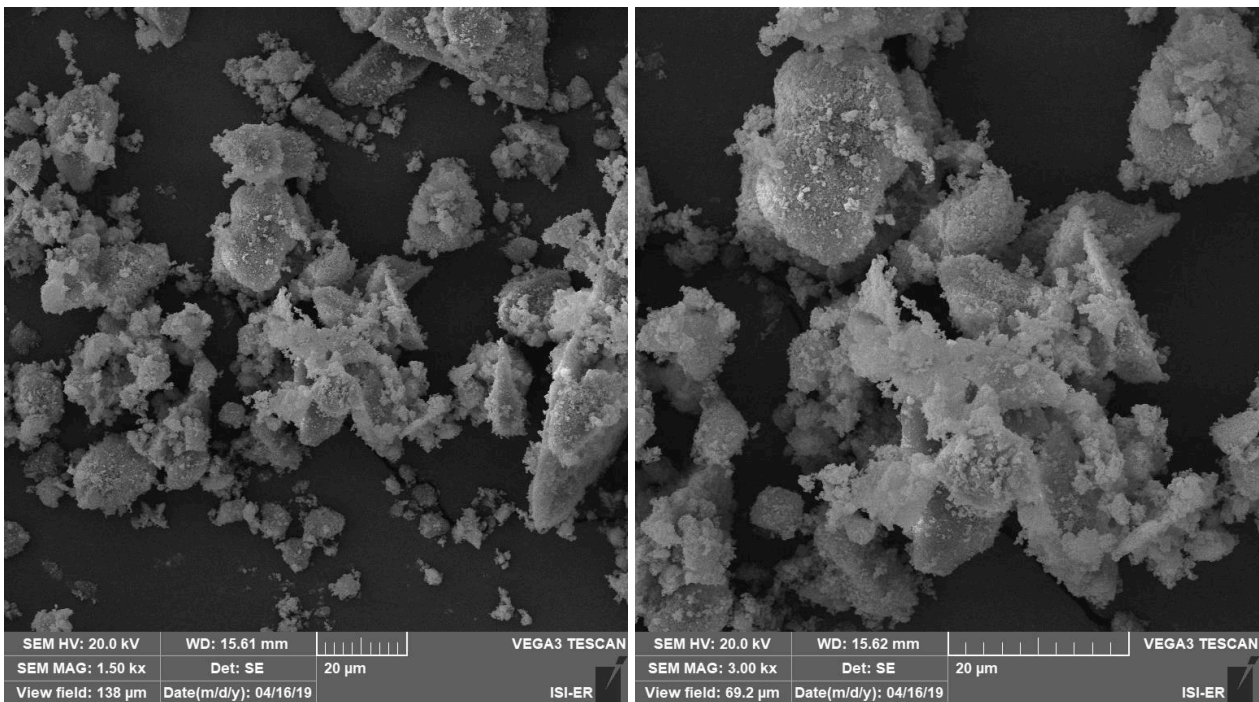


Figura 06 – Demais Micrografias MEV da amostra FFV 087.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

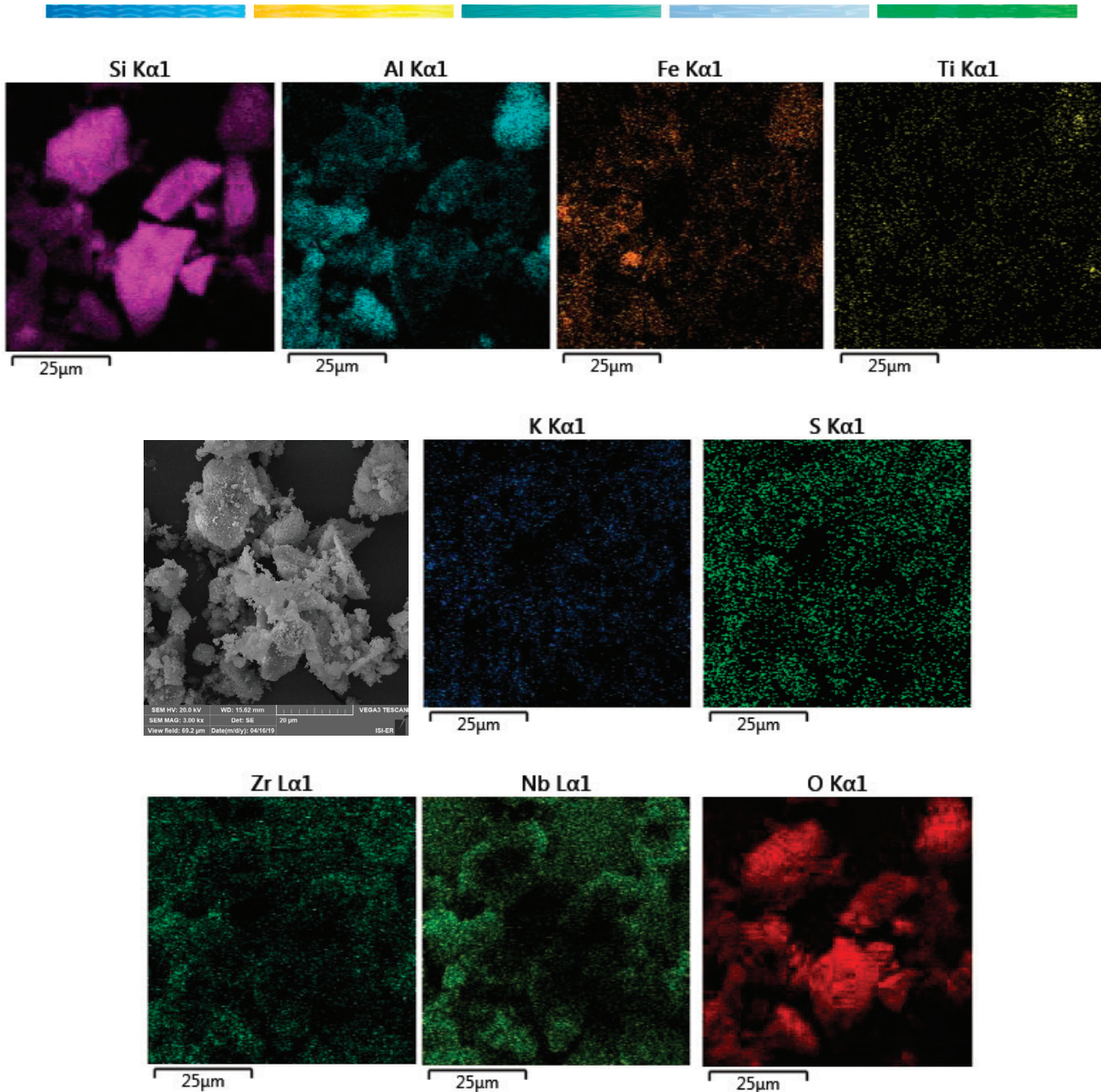


Figura 07 – Mapeamento químico MEV/EDS da amostra FFV 087.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

A Tabela 02 apresenta o valor obtido nos ensaios para determinação do índice de plasticidade para a amostra avaliada, bem como sua característica quanto à plasticidade.

Tabela 02 - Índice de plasticidade obtido na amostra FFV 087.

Amostra	IP (%)	Característica
FFV 087	15,74	Altamente Plástica

A Tabela 03 apresenta os valores dos teores passantes e retidos para cada faixa granulométrica avaliada e a Figura 08 apresenta a curva da distribuição granulométrica da amostra avaliada.

Tabela 03 - Distribuição granulométrica da amostra FFV 087

Abertura (µm)	Retido (%)	Passante (%)
2360	21,70	78,30
600	37,70	62,30
180	54,20	45,80
53	64,70	35,30
32	65,70	34,30
Aparador	100,00	-

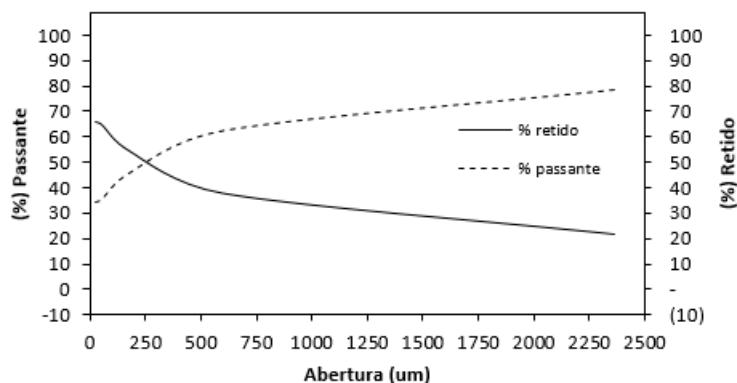


Figura 08 – Distribuição granulométrica da amostra FFV 087

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos para a amostra FFV 087, sendo eles: índice de retração linear de queima; absorção de água; porosidade aparente, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão.

Tabela 04 - Resultados (média e desvio padrão) dos ensaios de retração linear de queima (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA); massa específica aparente (MEA) e tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos-de-prova da amostra FFV 087 sinterizados sob as temperaturas de 850, 900 e 950°C.

AMOSTRA	Temperatura de Queima (°C)	Retração Linear (%)	Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	TRF (Mpa)
FFV 087	850°C	0,41 ± 0,02	18,21 ± 0,14	33,57 ± 0,17	1,84 ± 0,01	1,29 ± 0,18
	900°C	0,48 ± 0,02	18,16 ± 0,16	33,61 ± 0,20	1,85 ± 0,01	1,31 ± 0,15
	950°C	0,72 ± 0,03	18,81 ± 0,18	34,88 ± 0,22	1,85 ± 0,01	1,59 ± 0,17

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

As Figuras de 09 a 13 apresentam os gráficos com os resultados dos ensaios tecnológicos da amostra FFV 087.

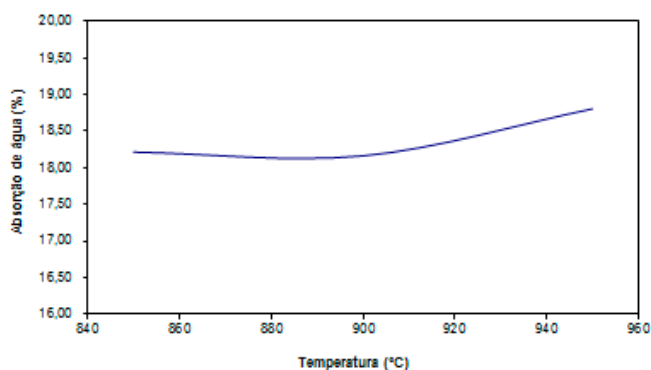


Figura 09 – Curva de % AA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

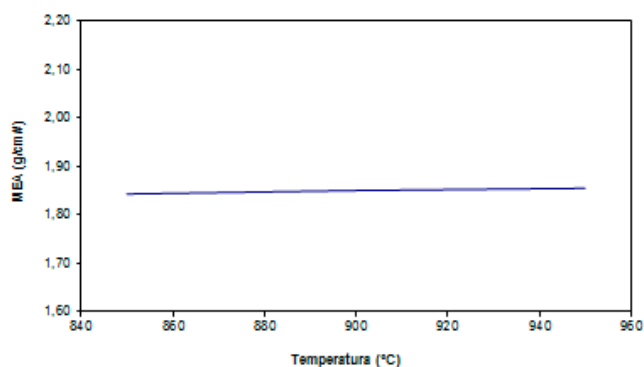


Figura 10 – Curva de MEA em g/cm³ para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

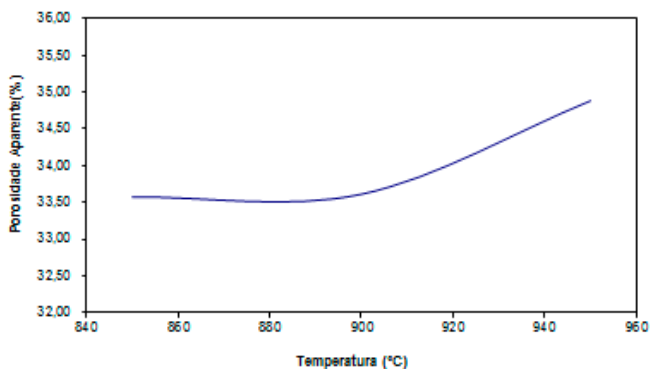


Figura 11 – Curva de % PA para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

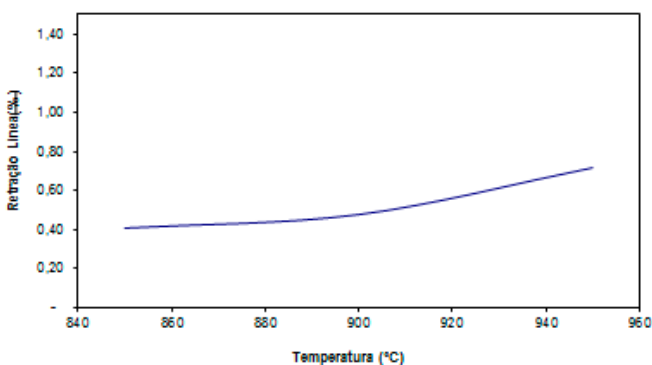


Figura 12 – Curva de % RL para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº 1642/19-LABEMAT

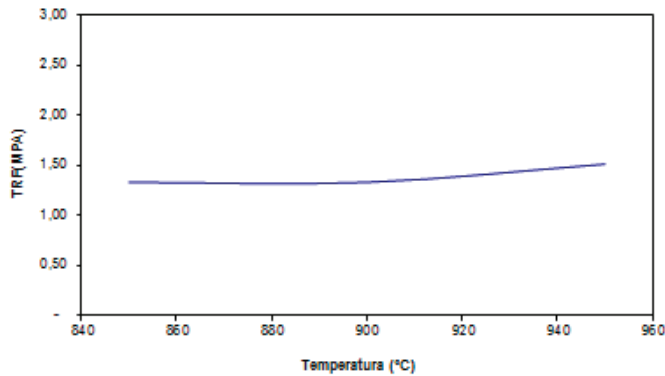


Figura 13 – Curva de TRF em MPa para os corpos-de-prova obtidos da amostra FFV 087 sinterizados a 850, 900 e 950°C.

A Tabela 05 apresenta as fotografias dos corpos de prova após a secagem em estufa, corpos de prova sinterizados em 850, 900 e 950°C.

Tabela 05 - Fotografias dos corpos de prova

Amostra	Temperaturas de Sinterização (°C)			
	110°C	850°C	900°C	950°C
FFV 087				

Natal, 16 de maio de 2019.



Kathya M^ª N. de C. Canella
 Responsável Técnica
 CRQ – 15.100.030-XV Região



Angélica Gilksana S. de Lima
 Técnica Executora



Demmys Kelsen Florentino de
 Sousa
 Técnico Executor



LABORATÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS-LTG-ER
LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MATERIAIS

Av. Cap. Mor Gouveia, 2770 - Lagoa Nova CEP: 59064-164 - Natal/RN.

Fone: 55(0xx84) 3204-8091

<http://www.ctgas.com.br>

ANEXO DO RELATÓRIO Nº 1642/19-LABEMAT

Tabela 01 – Tabela de cores dos corpos de prova pós queima da amostra FFV 087.

Amostra FFV 087	850°C	900°C	950°C
	Vermelho	Vermelho	Vermelho

Natal, 07 de junho de 2019.

Cláudio Fernandes da Silva
Responsável Técnico
CREA – 210074266-3

ANEXO VI
DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS REALIZADAS NA SUREG/PA

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-048

Número de Laboratório: FFV-141

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio, microclínio e quartzo

Minerais Varietais: Biotita e titanita

Minerais Acessórios: Muscovita, epidoto, alanita e Opacos

Minerais Traços: Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita esparsa, argilo-minerais, epidoto esparsa, clorita localizada, opacos e hidróxidos de Ferro

Granulação: muito fina a grossa

Texturas: holocristalina, fanerítica, milonítica, foliada onde a foliação é do tipo milonítica com caráter anastomosado, inequigranular, porfirítica a porfiroclástica, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal,

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

perítica, mirmequítica e lepidoblástica descontínua com natureza do tipo anastomosada

% Modal Estimada:

Plagioclásio	18
Feldspatos Alcalinos	32
Quartzo	25
Biotita	13
Muscovita	1
Titanita	5
Epidoto	2
Alanita	1
Apatita	tr
Zircão	tr
Opacos	3

Descrição Petrográfica:

Rocha inequigranular, deformada e metamorfizada, foliada onde a foliação é do tipo milonítica de caráter anastomosado, de granulação muito fina a grossa, onde verifica-se as texturas holocristalina, fanerítica, milonítica, foliada onde a foliação é do tipo milonítica com caráter

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

anastomosado, inequigranular, porfirítica a porfiroclástica, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, mirmequítica e lepidoblástica descontínua com natureza do tipo anastomosada, sendo constituída por porfiroclastos de granulação média a grossa de plagioclásio, microclínio, ortoclásio onde este em geral é do tipo pertítico e quartzo e por pórfiros de granulação média de titanita e de alanita, onde estes pórfiros e porfiroclastos estão envolvidos por uma matriz de granulação muito fina a média e composta por plagioclásio, ortoclásio, microclínio, quartzo, biotita, titanita, alanita, epidoto, muscovita, apatita, zircão, minerais opacos e hidróxidos de ferro.

A rocha apresenta baixo a médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização esparsa, argilização, epidotização esparsa, cloritização localizada e oxidação.

Os feldspatos ocorrem na matriz e na condição de porfiroclastos, estão representados por plagioclásio, ortoclásio comumente do tipo pertítico e microclínio, onde os tipos calco-sódicos ocorrem em menor proporção. Sob luz natural (LN) ocorrem incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração e sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1^o ordem. Os porfiroclastos de feldspatos possuem granulação média a grossa, com até 5,8mm medido em ortoclásio (porém verifica-se porfiroclasto de ortoclásio com medida ortogonal ao seu comprimento correspondente à 7,2mm),

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

predominantemente ocorrem subédricos, deformados, com contatos irregulares e comumente apresentam feições de arredondamento provenientes da atuação de processos deformacionais. Em geral estes porfiroclastos ocorrem orientados segundo a foliação milonítica e apresentam extinção normal a ondulante, onde o último tipo predomina e desenvolve-se mediante a atuação de processos de deformação intracristalina. Por vezes os porfiroclastos de feldspatos ocorrem envolvidos totalmente a parcialmente por subgrãos de feldspatos. Os porfiroclastos de plagioclásio algumas vezes apresentam o desaparecimento parcial da geminação polissintética e alguns porfiroclastos de ortoclásio mostram uma transformação parcial para microclínio, onde estas feições desenvolvem-se mediante a atuação de processos tectônicos de deformação que atuam a nível intra-reticular. Por vezes verifica-se porfiroclastos maclados segundo a lei Carlsbad. Os feldspatos da matriz possuem granulação muito fina a média, apresentam contatos retos a irregulares e mostram extinção dos tipos normal a ondulante.

A biotita possui granulação fina a média, sob luz natural (LN) apresenta cor marrom e pleocroísmo em tons de marrom claro à escuro. Sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3^o ordem, caracteriza-se pela extinção praticamente reta e com caráter mosquedo. Predominantemente ocorre orientada segundo a foliação da rocha caracterizando a textura

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

lepidoblástica de natureza descontínua e de caráter anastomosado.

A titanita possui granulação fina a média com até 2,9mm, ocorre euédrica a subédrica, mostra-se oxidada e apresenta-se em geral fraturada e com microfissurações.

A alanita possui granulação média com até 1,8mm, ocorre euédrica e apresenta-se em geral alterada, metamicitizada.

O quartzo ocorre compondo a matriz e na condição de porfiroclastos. Apresenta granulação muito fina a média, sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados (LP) mostra baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é dos tipos normal a ondulante, onde a última predomina e desenvolve-se mediante a atuação de processos deformacionais. Por vezes verifica-se o desenvolvimento do padrão de extinção do tipo lamelar. Verifica-se na matriz da rocha: 1. grãos e subgrãos de quartzo deformados, com extinção ondulante; 2. grãos e subgrãos recristalizados com extinção do tipo normal; e 3. grãos e subgrãos recristalizados com evento deformacional ou eventos deformacionais subsequente ou subsequentes à recristalização, onde verifica-se extinção ondulante nessa população de grãos. Verifica-se na matriz grãos e subgrãos com contatos retos, lobados a suturados, onde predominam os tipos lobados. Os porfiroclastos de quartzo possuem granulação média e ocorrem como grãos fitados, alongados e orientados segundo a foliação milonítica da rocha. Esses porfiroclastos de quartzo ocorrem de três formas distintas, compondo três populações petrogenéticas



CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

de porfiroclastos: 1. porfiroclastos deformados, 2. porfiroclastos recristalizados e 3. porfiroclastos recristalizados com deformação posterior, onde nos dois últimos tipos as fitas de quartzo estão recristalizadas compondo uma associação de grãos e subgrãos de quartzo com contatos retos a lobados, com extinção normal a ondulante e onde observa-se o desenvolvimento da textura granoblástica poligonal.

O epidoto mostra-se euédrico a subédrico, possui granulação fina e apresenta elevada birrefringência. Ocorre de duas formas: como mineral primário comumente associado à mineralogia e na condição de mineral secundário.

A apatita ocorre em quantidades traço, é incolor sob luz natural (LN), apresenta relevo médio a alto, possui extinção reta, mostra birrefringência muito baixa, ocorre euédrica e dispõe-se predominantemente na forma de inclusões em outros minerais.

O zircão ocorre em proporções-traço, mostra-se euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. O pleocroísmo é pouco perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se por uma birrefringência elevada onde verifica-se cores da 3^o e 4^o ordens.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos seguintes fatores preponderantes:

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

1. presença acima de 15% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrão de extinção do tipo lamelar

2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm

3. desenvolvimento da textura mirmequítica, sendo esta uma feição proveniente da atuação de processos deformacionais.

Os três fatores mencionados acima, correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque podem ativar reações do tipo Álcali-Agregado entre os silicatos provenientes do cimento com os silicatos reativos desta litologia, conforme listado acima em 1, 2 e 3.

Classificação Petrográfica: Titanita Biotita Sienogranito (quase no limite com o campo composicional dos Monzogranitos segundo critérios estabelecidos por Streckeisen 1976) Porfiroclástico Milonítico com Muscovita esparsa, com Alanita



CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina KC-048

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

OBS.: A lâmina descrita corresponde a um Biotita Sienogranito Milonítico Grosso, porém indicamos a verificação dos dados de afloramento e macroscópicos com o objetivo de analisar a possibilidade desta Unidade Metamórfica compor uma estruturação gnáissica.

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Biotita Sienogranito Porfiroclástico Milonítico com Muscovita esparsa, com Alanita, Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-085A

Número de Laboratório: FFV-142

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio, microclínio e quartzo

Minerais Varietais: Biotita e titanita

Minerais Acessórios: Epidoto, alanita, muscovita e opacos

Minerais Traços: Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita localizada, epidoto esparso, clorita, argilo-minerais, opacos e hidróxidos de Ferro

Granulação: muito fina a grossa

Texturas: holocristalina, inequigranular, porfirítica, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica e mirmequítica

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

% Modal Estimada:

Plagioclásio	14
Feldspatos Alcalinos	34
Quartzo	25
Biotita	14
Muscovita	1
Titanita	5
Epidoto	2
Alanita	2
Apatita	tr
Zircão	tr
Opacos	3

Descrição Petrográfica:

Rocha inequigranular, porfirítica, de granulação muito fina a grossa, foliada onde a foliação é incipiente a moderada e do tipo “de forma”, deformada, metamorfizada, onde verifica-se as texturas holocristalina, inequigranular, porfirítica, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica e mirmequítica, sendo constituída por pórfiros de granulação média a grossa de microclínio, ortoclásio e plagioclásio, os quais estão envolvidos por uma matriz de granulação muito fina a média e composta por plagioclásio,

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

microclínio, ortoclásio, quartzo, biotita, titanita, epidoto, alanita, apatita, zircão e minerais opacos.

A rocha apresenta baixo a médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização localizada, epidotização esparsa, cloritização, argilização e oxidação.

Os feldspatos ocorrem como pórfiros de granulação média a grossa e como grãos menores, de granulação fina a média, compondo a matriz da rocha. Os pórfiros correspondem a fenocristais e a megacristais de plagioclásio, ortoclásio e microclínio, onde os tipos calco-sódicos ocorrem em menor proporção. Sob luz natural (LN) os pórfiros mostram-se incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração, ocorrem euédricos a subédricos e apresentam contatos retos a irregulares onde os últimos predominam, enquanto sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1^o ordem e mostram extinção normal a ondulante, onde a última desenvolve-se mediante a atuação de deformação intracristalina. Os grãos da matriz apresentam as mesmas características ópticas da população de pórfiros. Por vezes verifica-se o desenvolvimento de subgrãos de feldspatos nas bordas de alguns grãos de feldspatos. Os pórfiros e grãos da matriz comumente ocorrem orientados na forma do desenvolvimento de uma foliação do tipo “de forma”. Por vezes ocorrem grãos maclados segundo a lei Carlsbad. Algumas vezes observa-se a microclinização do ortoclásio, caracterizada pela transformação parcial de grãos de ortoclásio em microclínio mediante

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

determinadas condições de deformação, de modo que esta feição deformacional caracteriza-se pela modificação da estrutura cristalina destes cristais de ortoclásio, os quais passam a comportar a simetria cristalina do microclínio devido à deformação intra-reticular. Alguns grãos de plagioclásio apresentam o desaparecimento parcial da geminação polissintética, sendo esta uma feição deformacional.

A biotita possui granulação fina a média, sob luz natural (LN) apresenta cor marrom a verde e mostra pleocroísmo em tons de marrom claro a escuro até marrom esverdeado. Sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3^o ordem. Caracteriza-se pela extinção praticamente reta e de caráter mosquedo e comumente ocorre orientada segundo a foliação da rocha.

A titanita mostra-se euédrica a subédrica, ocorre oxidada onde desenvolve finas bordas oxidadas e comumente dispõe-se orientada segundo a foliação da rocha.

O quartzo possui granulação muito fina a média, ocorre anédrico onde muitos grãos apresentam-se orientados segundo a foliação da rocha, apresenta limites retos a irregulares onde os últimos predominam e comumente são do tipo lobado. Sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados apresenta baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é normal a ondulante, onde a última predomina e algumas vezes desenvolve o padrão lamelar. Verifica-se nos grãos dispostos segundo a foliação da rocha uma tendência à recristalização

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

destes grãos para compor uma associação de grãos de quartzo anédricos, com contatos retos a irregulares, com extinção normal à ondulante e onde observa-se a textura granoblástica poligonal.

O epidoto ocorre euédrico a subédrico, possui granulação fina e apresenta elevada birrefringência. Ocorre como mineral primário em geral associado à mineralogia máfica e apresenta-se na condição de mineral de alteração.

A apatita ocorre em quantidades traço e dispõe-se predominantemente na forma de inclusões em outros minerais. Sob luz natural (LN) é incolor e ocorre em geral euédrica. Sob nicóis cruzados (LP) apresenta extinção reta, birrefringência muito baixa e relevo moderado.

O zircão ocorre em proporções-traço, predominantemente ocorre euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. Apresenta pleocroísmo pouco perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se pela birrefringência elevada onde adquire cores das 3^o e 4^o ordens.

A alanita ocorre euédrica e comumente alterada, metamictizada. A presença de alanita sugere uma afinidade magmática cálcio-alcalina a shoshonítica para esta litologia.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

seguintes fatores preponderantes:

1. presença acima de 15% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrão lamelar

2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm e

3. ocorrência da textura mirmequítica, onde esta corresponde a uma textura simplectítica, de natureza *subsolidus* e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares.

Os três fatores mencionados acima correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque podem provocar uma reação do tipo álcali-agregado, caracterizada por uma reação do tipo álcali-silicato entre os álcalis disponíveis no cimento com os silicatos provenientes do quartzo deformado, do quartzo microgranular e do quartzo vermicular proveniente da formação da textura mirmequítica.

Classificação Petrográfica: Titanita Biotita Metasienogranito Porfirítico, Foliado, com Alanita

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Biotita Metasienogranito Porfírico, Foliado, com Alanita, Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-085B

Número de Laboratório: FFV-143

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio e quartzo (considerando que estamos trabalhando com a porção mais máfica de um Metagranitóide Foliado/com estruturação Gnáissica)

Minerais Varietais: Biotita, hornblenda e titanita (considerando que estamos trabalhando com a porção mais máfica de um Metagranitóide Foliado/com estruturação Gnáissica)

Minerais Acessórios: epidoto, alanita e opacos

Minerais Traços: Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita, argilo-minerais, carbonato esparso, epidoto esparso, opacos e hidróxidos de ferro

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Granulação: muito fina a média

Texturas: holocristalina, heterogranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, bandada onde verifica-se um bandamento do tipo gnáissico, poiquilítica, granoblástica poligonal, lepidoblástica, nematoblástica e *chessboard* em quartzo

% Modal Estimada: (nesta lâmina as porcentagens de minerais máficos estão mais elevadas por tratar-se de uma lâmina da banda máfica de uma unidade Metagranítica de estruturação Gnáissica)

Plagioclásio

Feldspatos Alcalinos

Quartzo

Hornblenda

Biotita

Titanita

Epidoto

Alanita

Apatita tr

Zircão tr

Opacos

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Descrição Petrográfica:

Rocha holocristalina, heterogranular, de granulação muito fina a média, foliada, a qual corresponde provavelmente à porção mais máfica de um metagranitóide foliado com estruturação gnáissica, onde verifica-se as texturas holocristalina, heterogranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, bandada onde verifica-se um bandamento de espessura milimétrica do tipo gnáissico, poiquilítica, granoblástica poligonal, lepidoblástica, nematoblástica e *chessboard* em quartzo, sendo constituída por plagioclásio, ortoclásio, quartzo, biotita, hornblenda, titanita, epidoto, alanita, apatita, zircão, minerais opacos e hidróxidos de ferro.

A rocha apresenta em geral médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização, argilização, carbonatização esparsa, epidotização esparsa e oxidação.

Os feldspatos em geral possuem granulação fina a média e estão representados por plagioclásio e ortoclásio, onde predominam os tipos calco-sódicos. Sob luz natural (LN) ocorrem incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração e sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1^o ordem. Predominantemente ocorrem orientados segundo a foliação da rocha caracterizando uma foliação do tipo “de forma”, ocorrem euédricos a

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

subédricos, possuem contatos retos a irregulares onde os últimos predominam e apresentam extinção normal à ondulante, onde o último tipo desenvolve-se mediante a atuação de processos de deformação intracristalina. Por vezes verifica-se grãos maclados segundo a lei Carlsbad. Comumente observa-se o desaparecimento parcial à total da geminação polissintética nos plagioclásios, sendo esta uma feição deformacional.

A biotita possui granulação fina a média e ocorre orientada segundo a foliação da rocha, onde esta última feição caracteriza a textura nematoblástica. Sob luz natural (LN) apresenta cor marrom e pleocroísmo em tons de marrom claro médio, enquanto que sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3^o ordem e caracteriza-se pela extinção praticamente reta e de caráter mosquedo.

A hornblenda possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica, apresenta contatos retos a irregulares, possui cor verde e mostra pleocroísmo em tons de verde claro a médio. Em geral ocorre orientada segundo a foliação da rocha definindo a textura nematoblástica.

A titanita possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica e apresenta limites predominantemente do tipo reto. Possui cor marrom, comumente ocorre poiquilítica contendo algumas inclusões, mostra relevo muito alto e ocorre alterada, oxidada onde desenvolve finas bordas oxidadas.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

O quartzo possui granulação muito fina a média, ocorre anédrico, apresenta limites retos a irregulares onde os últimos predominam amplamente e em geral ocorre alongado segundo a foliação da rocha. Sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados (LP) apresenta baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é dos tipos normal a ondulante, onde a última predomina e por vezes desenvolve os padrões lamelar e tabuleiro de xadrez. Por vezes verifica-se a formação de subgrãos na forma de quartzo microcristalino com contatos retos a irregulares e com extinção dos tipos reta a ondulante. Comumente ocorrem grãos alongados, fitados, de granulação em geral média, orientados segundo a foliação da rocha, os quais foram recristalizados para uma associação de grãos de quartzo anédricos, com textura granoblástica poligonal, com contatos retos, lobados à suturados, onde observa-se extinção normal a ondulante, onde alguns destes grãos recristalizados foram posteriormente deformados após o evento de recristalização.

O epidoto ocorre em proporções esparsas, possui granulação fina, apresenta elevada birrefringência. Ocorre como mineral primário em geral associado à mineralogia máfica e na condição de mineral de alteração.

A apatita ocorre em quantidades traço porém próximo da unidade, é incolor sob luz natural, apresenta relevo médio a alto, possui extinção reta, birrefringência muito baixa, ocorre euédrica e dispõe-se predominantemente na forma de inclusões em outros minerais.

O zircão ocorre em proporções-traço, predominantemente ocorre

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. Mostra pleocroísmo pouco perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se por birrefringência elevada onde verifica-se cores da 3^o e 4^o ordens.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos seguintes fatores preponderantes:

1. presença acima de 10% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento dos padrões de extinção lamelar e tabuleiro de xadrez e

2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm.

Os dois fatores mencionados acima, ou seja, a proporção de quartzo deformado e o desenvolvimento de quartzo microgranular, correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque estes tipos de sílica provocam uma reação do tipo álcali-agregado, caracterizada por uma reação do tipo álcali-silicato entre os álcalis disponíveis no cimento com os silicatos provenientes do quartzo deformado e do quartzo microgranular.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-085B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Classificação Petrográfica: a lâmina analisada corresponde à porção mais máfica de um Metagranitóide Foliado, com estruturação Gnáissica, onde esta porção da rocha corresponde a um Titanita Hornblenda Biotita Gnaisse Granodiorítico

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Hornblenda Biotita Gnaisse Granodiorítico Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-086B

Número de Laboratório: FFV-144

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio, microclínio e quartzo

Minerais Varietais: Biotita, hornblenda e titanita

Minerais Acessórios: Epidoto e opacos

Minerais Traços: Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita, carbonato, argilo-minerais, epidoto esparso, clorita, opacos e hidróxidos de ferro

Granulação: muito fina a grossa

Texturas: holocristalina, heterogranular a inequigranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, com desenvolvimento de textura de macla “*em flama*” em alguns plagioclásios, lepidoblástica de natureza descontínua e de

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

caráter anastomosado, nematoblástica com desenvolvimento incipiente a moderado, *chessboard* em quartzo e mirmequítica

% Modal Estimada:

Plagioclásio	20
Feldspatos Alcalinos	23
Quartzo	23
Hornblenda	8
Biotita	14
Titanita	5
Epidoto	4
Apatita	tr
Zircão	tr
Opacos	3

Descrição Petrográfica:

Rocha holocristalina, foliada, heterogranular a inequigranular, deformada, metamorfizada, de granulação muito fina a grossa, onde verifica-se as texturas holocristalina, heterogranular a inequigranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, com desenvolvimento de textura de macla “*em flama*” em alguns plagioclásios, lepidoblástica de natureza

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

descontínua e de caráter anastomosado, nematoblástica com desenvolvimento incipiente a moderado, *chessboard* em quartzo e mirmequítica, sendo constituída por plagioclásio, microclínio, ortoclásio em geral do tipo pertítico, quartzo, hornblenda, biotita, titanita, epidoto, apatita, zircão, opacos e hidróxidos de ferro. Verifica-se neste metamorfito uma foliação bem desenvolvida de natureza metamórfica e a transição entre as texturas heterogranular a inequigranular.

A rocha apresenta baixo a médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização, argilização, carbonatização esparsa, epidotização esparsa, cloritização e oxidação.

Os feldspatos possuem granulação muito fina a grossa e estão representados por plagioclásio, ortoclásio e microclínio. Predominantemente ocorrem orientados segundo a foliação da rocha caracterizando uma foliação do tipo “de forma”. Sob luz natural (LN) ocorrem incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração e sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1º ordem. Em geral ocorrem euédricos a subédricos, comumente apresentam algum grau de arredondamento onde esta feição é proveniente da atuação de processos tectônicos metamórficos e deformacionais, possuem contatos retos a irregulares onde os últimos predominam e mostram extinção normal à ondulante, onde o último tipo predomina e desenvolve-se mediante a atuação de processos de deformação

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

intracristalina. Por vezes verifica-se grãos maclados segundo a lei Carlsbad. Algumas vezes verifica-se a microclinização do ortoclásio, caracterizada pela transformação parcial à total de alguns grãos de ortoclásio em microclínio mediante determinadas condições de deformação, de modo que esta feição deformacional caracteriza-se pela modificação da estrutura cristalina destes cristais de ortoclásio, os quais passam a comportar a simetria cristalina do microclínio devido à deformação intra-reticular. Os plagioclásios por vezes apresentam o desaparecimento parcial da geminação polissintética, sendo esta uma feição deformacional. Ocasionalmente verifica-se dobramento aberto dos planos de macla da Albita nos plagioclásios. De forma esparsa observa-se o desenvolvimento de macla “*em flama*” nos feldspatos calco-sódicos.

A biotita possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica e dispõe-se predominantemente orientada segundo a foliação da rocha caracterizando a textura lepidoblástica. Sob luz natural (LN) apresenta cor marrom e pleocroísmo em tons de marrom claro a médio. Sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3^o ordem, caracteriza-se pela extinção praticamente reta e com caráter mosquedo.

A titanita em geral possui granulação fina, ocorre euédrica a subédrica, apresenta cor marrom, mostra relevo muito alto e ocorre alterada, oxidada onde desenvolve finas bordas oxidadas.

O quartzo possui granulação muito fina a grossa, ocorre anédrico,

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

comumente dispõe-se orientado segundo a foliação metamórfica e apresenta limites retos a irregulares onde os últimos predominam. Sob luz natural (LN) é incolor, límpido e sob nicóis cruzados apresenta baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é normal a ondulante, onde a última predomina e por vezes desenvolve os padrões lamelar e tabuleiro de xadrez. A textura *chessboard* encontrada em alguns grãos ocorre de forma bem desenvolvida. Por vezes verifica-se a formação de subgrãos na forma de quartzo microcristalino com contatos retos a irregulares em geral do tipo lobado, com extinção dos tipos reta a ondulante. Algumas vezes observa-se grãos alongados, fitados, de granulação média a grossa, orientados segundo a foliação da rocha, os quais foram recristalizados para uma associação de grãos de quartzo anédricos, com textura granoblástica poligonal, com contatos retos, lobados à suturados, onde observa-se extinção normal a ondulante, de modo que alguns destes grãos recristalizados foram posteriormente deformados.

O epidoto ocorre em proporções esparsas, possui granulação fina, apresenta elevada birrefringência. Ocorre como mineral primário em geral associado à mineralogia máfica e na condição de mineral de alteração.

A hornblenda possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica, apresenta contatos retos a irregulares, possui cor verde e mostra pleocroísmo em tons de verde claro a médio. Em geral ocorre orientada segundo a foliação da rocha definindo a textura nematoblástica

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

descontínua, por vezes mostra um padrão de faturamento diagonal à direção da foliação principal da rocha e apresenta comumente grau médio de microfissuração.

A apatita possui granulação muito fina a fina, ocorre euédrica, apresenta limites comumente retos e comumente dispõe-se como inclusões em outros minerais. Sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados (LP) apresenta extinção reta e birrefringência muito baixa.

O zircão ocorre em proporções-traço, predominantemente ocorre euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. Mostra pleocroísmo pouco perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se por birrefringência elevada onde verifica-se cores da 3^o e 4^o ordens.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos seguintes fatores:

1. ocorrência acima de 15% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento dos padrões de extinção lamelar e tabuleiro de xadrez;

2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm, onde verifica-se extinção dos tipos normal a ondulante;

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

3. formação da textura mirmequítica, onde esta corresponde a uma textura simplectítica, de natureza *subsolidus* e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares e

4. grau de microfissuração de grau moderado comumente observado em grãos de hornblenda.

Os três primeiros fatores mencionados acima, ou seja, a proporção de quartzo deformado, a presença de quartzo microgranular e a ocorrência de quartzo vermicular presente na forma do desenvolvimento da textura mirmequítica correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque estes tipos de sílica provocam uma reação do tipo Álcali-Agregado, caracterizada por uma reação do tipo Álcali-Silicato entre os álcalis disponíveis no cimento com os silicatos provenientes do quartzo deformado, do quartzo microgranular e do quartzo vermicular proveniente do desenvolvimento da textura mirmequítica.

Classificação Petrográfica: Titanita Hornblenda Biotita
Metamonzogranito Foliado

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

OBS.: A lâmina descrita corresponde a um Titanita Hornblenda Biotita Metamonzogranito Foliado, porém indicamos a verificação dos dados de afloramento e macroscópicos com o objetivo de analisar a possibilidade desta Unidade Metamórfica compor uma estruturação gnáissica.

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Hornblenda Biotita Metamonzogranito Foliado, Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-086B

Número de Laboratório: FFV-144

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio, microclínio e quartzo

Minerais Varietais: Biotita, hornblenda e titanita

Minerais Acessórios: Epidoto e opacos

Minerais Traços: Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita, carbonato, argilo-minerais, epidoto esparso, clorita, opacos e hidróxidos de ferro

Granulação: muito fina a grossa

Texturas: holocristalina, heterogranular a inequigranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, com desenvolvimento de textura de macla “*em flama*” em alguns plagioclásios, lepidoblástica de natureza descontínua e de

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

caráter anastomosado, nematoblástica com desenvolvimento incipiente a moderado, *chessboard* em quartzo e mirmequítica

% Modal Estimada:

Plagioclásio	20
Feldspatos Alcalinos	23
Quartzo	23
Hornblenda	8
Biotita	14
Titanita	5
Epidoto	4
Apatita	tr
Zircão	tr
Opacos	3

Descrição Petrográfica:

Rocha holocristalina, foliada, heterogranular a inequigranular, deformada, metamorfizada, de granulação muito fina a grossa, onde verifica-se as texturas holocristalina, heterogranular a inequigranular, foliada onde a foliação é do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica, com desenvolvimento de textura de macla “*em flama*” em alguns plagioclásios, lepidoblástica de natureza

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

descontínua e de caráter anastomosado, nematoblástica com desenvolvimento incipiente a moderado, *chessboard* em quartzo e mirmequítica, sendo constituída por plagioclásio, microclínio, ortoclásio em geral do tipo pertítico, quartzo, hornblenda, biotita, titanita, epidoto, apatita, zircão, opacos e hidróxidos de ferro. Verifica-se neste metamorfito uma foliação bem desenvolvida de natureza metamórfica e a transição entre as texturas heterogranular a inequigranular.

A rocha apresenta baixo a médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização, argilização, carbonatização esparsa, epidotização esparsa, cloritização e oxidação.

Os feldspatos possuem granulação muito fina a grossa e estão representados por plagioclásio, ortoclásio e microclínio. Predominantemente ocorrem orientados segundo a foliação da rocha caracterizando uma foliação do tipo “de forma”. Sob luz natural (LN) ocorrem incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração e sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1º ordem. Em geral ocorrem euédricos a subédricos, comumente apresentam algum grau de arredondamento onde esta feição é proveniente da atuação de processos tectônicos metamórficos e deformacionais, possuem contatos retos a irregulares onde os últimos predominam e mostram extinção normal à ondulante, onde o último tipo predomina e desenvolve-se mediante a atuação de processos de deformação

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

intracristalina. Por vezes verifica-se grãos maclados segundo a lei Carlsbad. Algumas vezes verifica-se a microclinização do ortoclásio, caracterizada pela transformação parcial à total de alguns grãos de ortoclásio em microclínio mediante determinadas condições de deformação, de modo que esta feição deformacional caracteriza-se pela modificação da estrutura cristalina destes cristais de ortoclásio, os quais passam a comportar a simetria cristalina do microclínio devido à deformação intra-reticular. Os plagioclásios por vezes apresentam o desaparecimento parcial da geminação polissintética, sendo esta uma feição deformacional. Ocasionalmente verifica-se dobramento aberto dos planos de macla da Albita nos plagioclásios. De forma esparsa observa-se o desenvolvimento de macla “*em flama*” nos feldspatos calco-sódicos.

A biotita possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica e dispõe-se predominantemente orientada segundo a foliação da rocha caracterizando a textura lepidoblástica. Sob luz natural (LN) apresenta cor marrom e pleocroísmo em tons de marrom claro a médio. Sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3º ordem, caracteriza-se pela extinção praticamente reta e com caráter mosquedo.

A titanita em geral possui granulação fina, ocorre euédrica a subédrica, apresenta cor marrom, mostra relevo muito alto e ocorre alterada, oxidada onde desenvolve finas bordas oxidadas.

O quartzo possui granulação muito fina a grossa, ocorre anédrico,

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

comumente dispõe-se orientado segundo a foliação metamórfica e apresenta limites retos a irregulares onde os últimos predominam. Sob luz natural (LN) é incolor, límpido e sob nicóis cruzados apresenta baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é normal a ondulante, onde a última predomina e por vezes desenvolve os padrões lamelar e tabuleiro de xadrez. A textura *chessboard* encontrada em alguns grãos ocorre de forma bem desenvolvida. Por vezes verifica-se a formação de subgrãos na forma de quartzo microcristalino com contatos retos a irregulares em geral do tipo lobado, com extinção dos tipos reta a ondulante. Algumas vezes observa-se grãos alongados, fitados, de granulação média a grossa, orientados segundo a foliação da rocha, os quais foram recristalizados para uma associação de grãos de quartzo anédricos, com textura granoblástica poligonal, com contatos retos, lobados à suturados, onde observa-se extinção normal a ondulante, de modo que alguns destes grãos recristalizados foram posteriormente deformados após o evento de recristalização.

O epidoto ocorre em proporções esparsas, possui granulação fina, apresenta elevada birrefringência. Ocorre como mineral primário em geral associado à mineralogia máfica e na condição de mineral de alteração.

A hornblenda possui granulação fina a média, ocorre euédrica a subédrica, apresenta contatos retos a irregulares, possui cor verde e mostra pleocroísmo em tons de verde claro a médio. Em geral ocorre orientada segundo a foliação da rocha definindo a textura nematoblástica

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

descontínua, por vezes mostra um padrão de faturamento diagonal à direção da foliação principal da rocha e apresenta comumente grau médio de microfissuração.

A apatita possui granulação muito fina a fina, ocorre euédrica, apresenta limites comumente retos e comumente dispõe-se como inclusões em outros minerais. Sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados (LP) apresenta extinção reta e birrefringência muito baixa.

O zircão ocorre em proporções-traço, predominantemente ocorre euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. Mostra pleocroísmo pouco perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se por birrefringência elevada onde verifica-se cores da 3^o e 4^o ordens.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos seguintes fatores:

1. ocorrência acima de 15% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento dos padrões de extinção lamelar e tabuleiro de xadrez;

2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm, onde verifica-se extinção dos tipos normal a ondulante;

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

3. formação da textura mirmequítica, onde esta corresponde a uma textura simplectítica, de natureza *subsolidus* e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares e

4. grau de microfissuração de grau moderado comumente observado em grãos de hornblenda.

Os três primeiros fatores mencionados acima, ou seja, a proporção de quartzo deformado, a presença de quartzo microgranular e a ocorrência de quartzo vermicular presente na forma do desenvolvimento da textura mirmequítica correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque estes tipos de sílica provocam uma reação do tipo Álcali-Agregado, caracterizada por uma reação do tipo Álcali-Silicato entre os álcalis disponíveis no cimento com os silicatos provenientes do quartzo deformado, do quartzo microgranular e do quartzo vermicular proveniente do desenvolvimento da textura mirmequítica.

Classificação Petrográfica: Titanita Hornblenda Biotita
Metamonzogranito Foliado

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-086B

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Hornblenda Biotita Metamonzogranito Foliado, Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Amostra: KC-087A

Número de Laboratório: FFV-146

Nome do Projeto: Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Centro de Custo: 4389087

Requerente: Projeto Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió

Equipe: Michel Marques Godoy, Klaryanna Cabral Alcantara, Maria Angélica Fonseca Sampaio

Petrógrafa: Andréa Beltrão Finamor

Tipo de Seção: Lâmina delgada sem lamínula

Minerais Essenciais: Plagioclásio, ortoclásio, microclínio e quartzo

Minerais Varietais: Biotita e Titanita

Minerais Traços: Epidoto, Apatita e zircão

Minerais Secundários: Sericita, muscovita, carbonato, argilo-minerais, epidoto esparso, opacos e hidróxidos de Ferro

Granulação: muito fina a grossa

Texturas: heterogranular com esparsos pórfiros de ortoclásio e microclínio, foliada onde a foliação é incipiente a moderada e do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica e mirmequítica

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

% Modal Estimada:

Plagioclásio	25
Feldspatos Alcalinos	31
Quartzo	20
Biotita	13
Titanita	5
Epidoto	3
Apatita	tr
Zircão	tr
Opacos	3

Descrição Petrográfica:

Rocha ácida, heterogranular, de granulação muito fina a grossa, onde verifica-se as texturas heterogranular com esparsos pórfiros de ortoclásio e microclínio de granulação grossa, foliada onde a foliação é incipiente a moderada e do tipo “de forma”, hipidiomórfica, poiquilítica, granoblástica poligonal, pertítica e mirmequítica, sendo constituída por esparsos fenocristais e megacristais de granulação grossa de microclínio e de ortoclásio onde no último verifica-se o processo de transformação para microclínio, envolvidos por grãos de granulação muito fina a média onde estes estão representados por plagioclásio, microclínio, ortoclásio, quartzo, biotita, titanita, epidoto, apatita, zircão e opacos.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

A rocha apresenta baixo a médio grau de alteração, onde os minerais secundários são decorrentes dos processos de sericitização, muscovitização, argilização, epidotização esparsa, carbonatização e oxidação.

Os feldspatos estão representados por plagioclásio, ortoclásio comumente do tipo pertítico e microclínio, onde os tipos calco-sódicos ocorrem em menor proporção. Sob luz natural (LN) ocorrem incolores ou com aspecto turvo dependendo do grau de alteração e sob nicóis cruzados (LP) apresentam cor de interferência em tons de cinza da 1^o ordem. Ocorrem euédricos a subédricos, possuem contatos retos a irregulares onde os últimos predominam. A extinção é normal à ondulante, onde a última desenvolve-se mediante a atuação de processos de deformação intracristalina. Por vezes verifica-se grãos maclados segundo a lei Carlsbad. De um modo geral possuem uma tendência a ocorrerem de forma orientada definindo uma foliação “de forma” de grau incipiente a moderado. Por vezes verifica-se o desaparecimento parcial da geminação polissintética dos plagioclásios, sendo esta uma feição deformacional. Em alguns de ortoclásio observa-se o processo de microclinização, caracterizado pela transformação parcial de alguns grãos de ortoclásio em microclínio mediante determinadas condições de deformação, de modo que esta feição deformacional caracteriza-se pela modificação da estrutura cristalina destes cristais de ortoclásio, os quais passam a comportar a simetria cristalina do microclínio devido à deformação intra-reticular. Por

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

vezes ocorrem subgrãos de feldspatos recristalizados envolvendo as bordas de grãos maiores de feldspatos.

A biotita possui granulação fina a média, sob luz natural (LN) apresenta cor verde a marrom e pleocroísmo em tons de verde à marrom esverdeado. Sob luz polarizada (LP) apresenta birrefringência alta com cores de interferência do final da 3^o ordem e caracteriza-se pela extinção praticamente reta e de caráter mosquedo.

O quartzo possui granulação muito fina a média na forma de grãos e subgrãos, ocorre xenomórfico e apresenta limites retos a irregulares, onde os últimos tipos predominam. Sob luz natural (LN) é incolor e sob nicóis cruzados apresenta baixa birrefringência e cor em tons de cinza da 1^o ordem. A extinção é normal a ondulante, onde a última predomina e comumente desenvolve o padrão lamelar, sendo que esta característica óptica indica a atuação de processos de deformação de natureza intracristalina.

O epidoto ocorre em proporções esparsas, possui granulação fina e apresenta elevada birrefringência. Ocorre como mineral primário em geral associado à biotita e aos opacos e como mineral de alteração.

A apatita ocorre em quantidades traço, sob luz natural é incolor, apresenta relevo médio a alto e ocorre euédrica. Sob nicóis cruzados (LP) mostra extinção reta e birrefringência muito baixa.

O zircão ocorre em proporções-traço, mostra-se euédrico, possui relevo muito alto e apresenta extinção reta. Apresenta pleiocroísmo pouco

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

perceptível, possui cor marrom claro e caracteriza-se pela birrefringência elevada onde verifica-se cores da 3^o e 4^o ordens.

Com base na análise petrográfica da rocha e mediante orientações da ABNT NBR 15577-3 (2008) classificamos o agregado quanto à RAA (Reatividade Àlcali-Agregado) como potencialmente reativo, de modo que o uso desta litologia como agregado na construção civil está limitado pelos seguintes fatores preponderantes:

1. presença acima de 15% de quartzo deformado evidenciado principalmente por grãos de quartzo com extinção ondulante, onde em alguns grãos observa-se o desenvolvimento do padrões de extinção lamelar
2. desenvolvimento de quartzo microcristalino ou microgranular, compondo grãos de granulação diminuta, menor que 0,15mm.
3. ocorrência da textura mirmequítica, onde esta corresponde a uma textura simplectítica, de natureza *subsolidus* e deformacional, caracterizada pelo intercrescimento entre plagioclásio e quartzo, onde o último adquire formas vermiculares.

Os três fatores mencionados acima correspondem aos agentes mais reativos nesta litologia porque podem provocar uma reação do tipo álcali-agregado, caracterizada por uma reação do tipo álcali-silicato entre os álcalis disponíveis no cimento com os silicatos provenientes do quartzo deformado, do quartzo microgranular e do quartzo vermicular proveniente da formação da textura mirmequítica.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina KC-087A

Análise Petrográfica para Verificação da Potencialidade Reativa de Agregados em Presença de Álcalis do Concreto

Requerente: Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Maceió

Classificação Petrográfica: Titanita Biotita Metamonzogranito Foliado

Classificação quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado): Titanita Biotita Metamonzogranito Foliado, Potencialmente Reativo quanto à RAA (Reatividade Álcali Agregado)

DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS REALIZADAS NA SUREG/RE



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-135 / KC-27A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Calcário coquinóide (rico em fósseis), de coloração bege-clara (creme) a cinza-clara. Calcários são carbonatos de origem sedimentar química e de composição predominando calcita (CaCO_3), que efervesce ao contato com HCl a frio, a 50%.

A amostra de mão mostra presença de vazios (poros de dissolução). Observam-se intercalações de silicatos (arenitos finos e folhelhos cinza-esverdeados) na rocha carbonática.

Amostra muito rica em fósseis (45% do volume da rocha).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha carbonática de granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), muito rica em fósseis (gastrópodes e bivalves). Estruturalmente, a rocha é isotrópica (ausência de estruturas sedimentares ou metamórficas observáveis em lâmina).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Calcita (45%) + Fósseis Carbonáticos (45%) + Silicatos (10%).

Nesta lâmina não houve metamorfismo, ou, se houve, foi de grau muito baixo (ausência de minerais-índice), embora pareça ter havido processos de diagênese sedimentar (pré-metamorfismo?).

Os cristais de **carbonato** (calcita) que compõem a matriz da rocha exibem-se cristalizados justapostos e circundando os fósseis e silicatos. São carbonatos típicos, com retardo óptico elevado (quarta ordem).

Os **silicatos** (principalmente quartzo e feldspatos) são granulares, irregulares, micrométricos a submilimétricos (<1mm). Raras micas, lamelares. Todos os silicatos ocorrem dispersos aleatoriamente na matriz carbonática, sem orientação aparente. Os **fósseis** são de modo geral restos de conchas aragoníticas e calcíticas, residuais dos gastrópodes e bivalves.

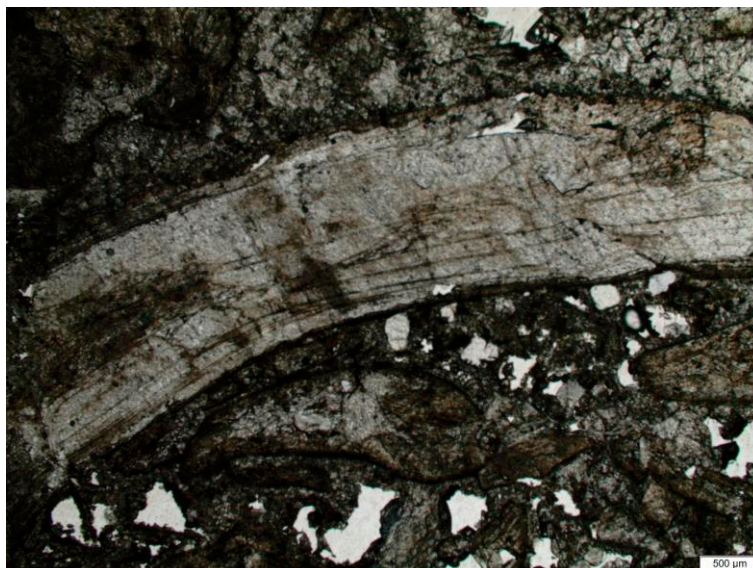
ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:		
CALCITA (45%):	FÓSSEIS(45%):	SILICATOS(10%):
Formas granulares, tamanhos micrométricos a submilimétricos (<1mm).	Restos de conchas aragoníticas e calcíticas, residuais dos bivalves e gastrópodes.	Grãos de quartzo e feldspatos esparsos, raras micas. Tamanhos dos silicatos em geral micrométricos (<1mm).

OBSERVAÇÕES GERAIS: Calcário coquinóide, bege-claro a cinza-claro, pertencente à Formação Morro do Chaves (K1mch), do Grupo Coruripe, Cretáceo (Mesozóico). Para rochas carbonáticas, não se usa índice de coloração nem índice de quartzo, e não é relevante o tipo de contato entre os grãos, pois o uso é para a indústria de cimento e os critérios são outros.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil Análise Petrográfica da Lâmina FFV-135 / KC-27A

Fotomicrografias



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, mostrando fragmentos de moluscos aquáticos (coquinas), vegetais e peixes fossilizados. **Parâmetros:** Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-135, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-A, Município de São Miguel dos Campos-AL.



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, mostrando fragmentos de moluscos aquáticos (coquinas), vegetais e peixes fossilizados. **Parâmetros:** Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-135, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-A, Município de São Miguel dos Campos-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-136 / KC-27B

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Calcário coquinóide (rico em fósseis), de coloração bege-clara (creme) a cinza-clara. A amostra de mão mostra presença de vazios (poros de dissolução). Observam-se intercalações de silicatos (arenitos finos e folhelhos cinza-esverdeados) na rocha carbonática. Esta amostra **não exibe** presença ostensiva de fósseis, tal como a FFV-135 (KC-27 A).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha carbonática de granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), contendo inclusões de minerais silicáticos (quartzo e feldspatos, raras micas) e de minerais opacos, por vezes oxidados e com bordas corroídas. Estruturalmente, a rocha é isotrópica (ausência de estruturas sedimentares ou metamórficas observáveis em lâmina). Não são observáveis fósseis de forma ostensiva.

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Calcita (75%) + Silicatos (20%)+ Minerais Opacos (05%).

Nesta lâmina não se observa metamorfismo (ausência de minerais-índice de fases metamórficas), apenas diagênese. A matriz da rocha é **carbonática** (calcítica) e contém inclusões aparentemente aleatórias de silicatos (não se observa orientação na distribuição dos mesmos). Os **silicatos** são em geral de formas granulares e tamanhos micrométricos a submilimétricos (<1mm), havendo raros cristais euédricos a subédricos, por vezes com bordas fragmentadas, quebradas. O volume elevado de inclusões silicáticas (20%) na matriz carbonática faz pensar em um **calcário impuro** ou **marga**.

Os **minerais opacos** ocorrem oxidados e corroídos, por vezes residuais. Podem ser sulfetos (pirita? calcopirita?), óxidos (hematita/magnetita?) ou grafita, não é possível identificar apenas em lâmina. Ausência de fósseis observáveis em lâmina, nas condições deste microscópio.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:		
CALCITA (75%):	SILICATOS (20%):	MINERAIS OPACOS (05%):
Forma a matriz da rocha, granular, de tamanhos submilimétricos (<1mm).	Granulares, esparsos na matriz carbonática, alguns com formas euédricas (raros).	Por vezes oxidados e corroídos. Alguns mostrando texturas residuais.

OBSERVAÇÕES GERAIS: Calcário coquinóide, bege-claro a cinza-claro, pertencente à Formação Morro do Chaves (K1mch), do Grupo Coruripe, Cretáceo (Mesozóico).

Para rochas carbonáticas, não se usa índice de coloração nem índice de quartzo, e não é relevante o tipo de contato entre os grãos, pois o uso é para a indústria de cimento e os critérios são outros.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-136 / KC-27B

Fotomicrografias



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, contendo numerosos microcristais silicáticos (quartzo, feldspatos)
Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X.
Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-136, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-B, Município de São Miguel dos Campos-AL.



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, contendo numerosos microcristais silicáticos (quartzo, feldspatos).
Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X.
Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-136, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-B, Município de São Miguel dos Campos-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-138 / KC-42A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha (meta) ígnea plutônica granítica (ortognaisse granítico). Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica), granulação heterogranular fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm). Coloração da rocha cinza claro esbranquiçado, de aspecto homogêneo. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Presença de raros minerais opacos oxidados (halo de oxidação). Rocha leucocrática (predomínio de minerais félsicos).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos). Estrutura isotrópica a levemente foliada (gnáissica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q (25%) + A (40%) + P (20%) = 85% + M (15%) = 100%. Recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974), a rocha projeta-se no campo dos Granitos (Sieno a Monzogranitos). Minerais máficos: Biotita (5%), Titanita, Opacos, Apatita, Zircão. Não tem Anfibólio nesta lâmina. Os Opacos exibem halo de oxidação em redor de si.

Grau de alteração moderado a baixo (10 a 15%), concentrado principalmente nos Plagioclásios, que por vezes se apresentam sericitizados ou argilizados.

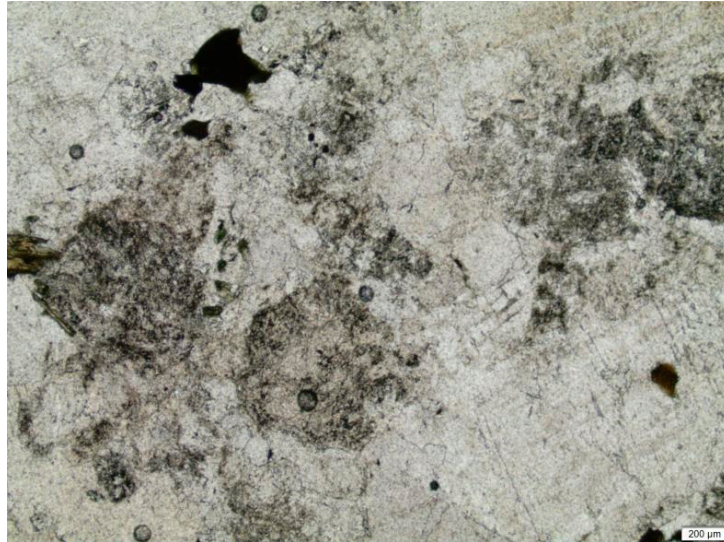
Quartzo mostra aspecto inalterado e extinção ondulante, e o índice de quartzo nesta rocha é de 25%. Os Álcali-Feldspatos são do tipo Microclina e mostram numerosas inclusões granulares (de Quartzo, Feldspatos e Máficos).

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (40%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(20%):	MÁFICOS (M) (15%):	ACESSÓRIOS
Quartzo (Q): inalterado, com extinção ondulante	Álcali-Feldspato tipo Microclina contendo numerosas inclusões (Quartzo, Feldspatos, Máficos)	Plagioclásio (P) por vezes bastante alterado (argilizado e sericitizado)	Biotita lamelar, marrom. Micrométrica.	Titanita, Opacos, Acessórios: Apatita, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
50%	25%	25%	85% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	25%

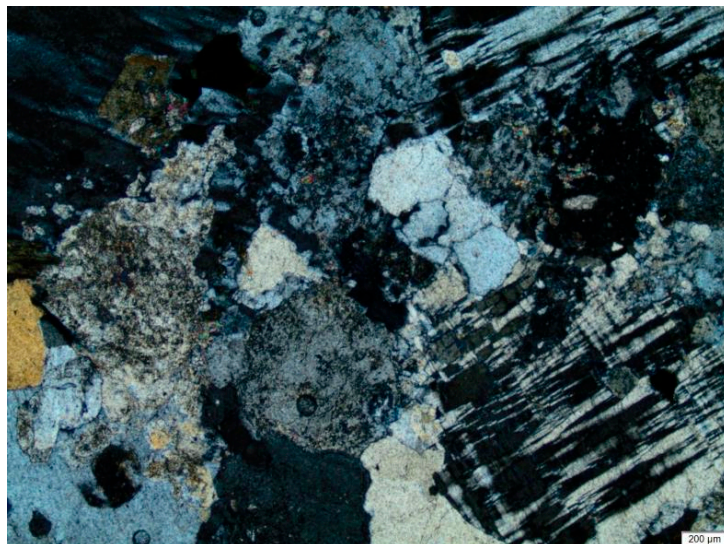
OBSERVAÇÕES GERAIS: Classifica-se como Biotita Ortognaisse Granítico (Sienogranítico a Monzogranítico), pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-138 / KC-42A

Fotomicrografias



Legenda Biotita Ortognaisse Sieno a Monzogranítico, pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Índice de quartzo: 25%. Grau de alteração moderado a baixo (10 a 15%), concentrado principalmente nos Plagioclásios, que por vezes se apresentam sericitizados ou argilizados. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 4X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-138, Afloramento KC-42, Amostra KC-42-A, Pedreira Britex, Município de Rio Largo-AL.



Legenda Biotita Ortognaisse Sieno a Monzogranítico, pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Índice de quartzo: 25%. Grau de alteração moderado a baixo (10 a 15%), concentrado principalmente nos Plagioclásios, que por vezes se apresentam sericitizados ou argilizados. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 4X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-138, Afloramento KC-42, Amostra KC-42-A, Pedreira Britex, Município de Rio Largo-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-140 / KC-43B

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha (meta) ígnea plutônica granítica (ortognaisse granítico). Estrutura foliada (foliação metamórfica, gnáissica), granulação heterogranular fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm). Coloração alternando bandas cinza-chumbo médio e bandas rosadas, mescladas de grãos brancos e cinza-claros. Aspecto bandado (gnáissico). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Rocha leucocrática (predomínio de minerais félsicos, claros: 75%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura foliada (foliação metamórfica, gnáissica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q (25%) + A (25%) + P (25%) = 75% + M (25%) = 100%. Recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974), a rocha projeta-se no campo dos Granitos (Monzogranitos). Minerais máficos: Biotita marrom + Acessórios: Titanita, Opacos, Apatita, Zircão, Clorita secundária, Epidoto secundário.

Não tem Anfibólio nesta lâmina. As biotitas estão localmente cloritizadas (verdes).

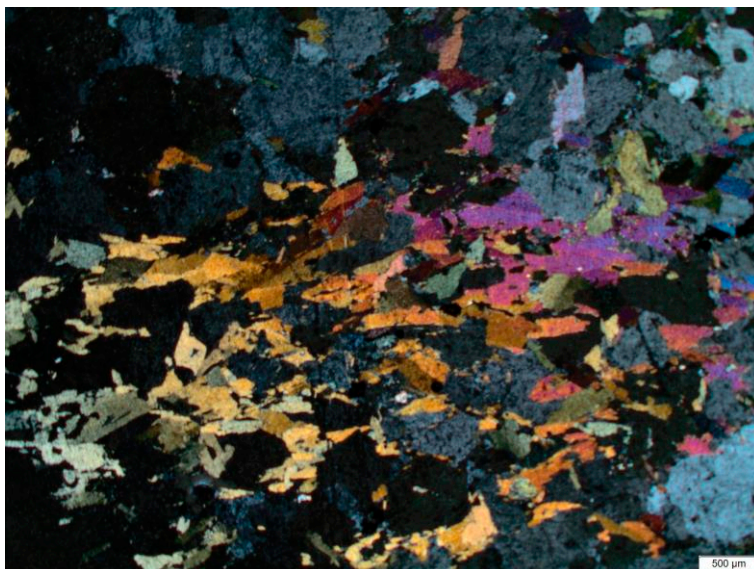
Titanitas e Minerais Opacos mostram bordas corroídas e fraturas internas (microfissuramento). Os minerais Félsicos (claros) e Máficos (escuros) alternam-se em bandas metamórficas, gnáissicas, descontínuas devido à escala de observação.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (25%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (25%):	ACESSÓRIOS
Límpidos, inalterados. Extinção ondulante. Individualização de subgrãos.	Microclina (mostrando geminação cruzada), por vezes alterados, argilizados.	Cristais de Plagioclásio, por vezes alterados, sericitizados ou argilizados. Mostra geminação polissintética.	Biotita marrom, lamelar, localmente cloritizada (verde). Não tem Anfibólio nesta lâmina.	Titanita, Opacos, Apatita, Zircão, Clorita secundária, Epidoto secundário.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
25%	25%	50%	75% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	25%

OBSERVAÇÕES GERAIS: Classifica-se como Biotita Ortognaisse, Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-140 / KC-43B

Fotomicrografias



Legenda Biotita Ortognaisse, Monzogranítico. Estrutura foliada, foliação metamórfica, gnáissica. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-140, Afloramento KC-43, Amostra KC-43-B, Atalaia Mineração, Município de Atalaia-AL.



Legenda Biotita Ortognaisse, Monzogranítico. Estrutura foliada, foliação metamórfica, gnáissica. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 4X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-140, Afloramento KC-43, Amostra KC-43-B, Atalaia Mineração, Município de Atalaia-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-141 / KC-48

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha (meta) ígnea plutônica granítica (ortognaisse granítico). Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica), granulação heterogranular fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm). Coloração da rocha mesclada cinza claro, cinza médio e rosa claro, com cristais brancos. Aspecto porfirítico. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Rocha leucocrática (predomínio de minerais félsicos, claros, feldspáticos: 80%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura foliada (foliação metamórfica, gnáissica), dada pelos minerais máficos, adjacentes às bordas dos fenocristais porfiríticos de feldspatos (textura porfiroclástica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q (25%) + A (35%) + P (20%) = 80% + M (20%) = 100%. Recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974), a rocha projeta-se no campo dos Granitos (No limite entre Sienogranitos e Monzogranitos). Minerais máficos: Biotita marrom(5%), Titanita(5%), Alanita(5%), Opacos(5%), Acessórios (Traços: Apatita, Zircão, Clorita secundária). Não apresenta Anfibólio (Hornblenda) em sua composição.

Os cristais de Álcali-feldspato tipo Microclina são porfiroclásticos (centimétricos, deformados). Os cristais de Plagioclásio mostram-se menores (milimétricos), alterados (argilizados, sericitizados). Os cristais de quartzo estão deformados, mostrando extinção óptica ondulante e contatos retos a subretilíneos.

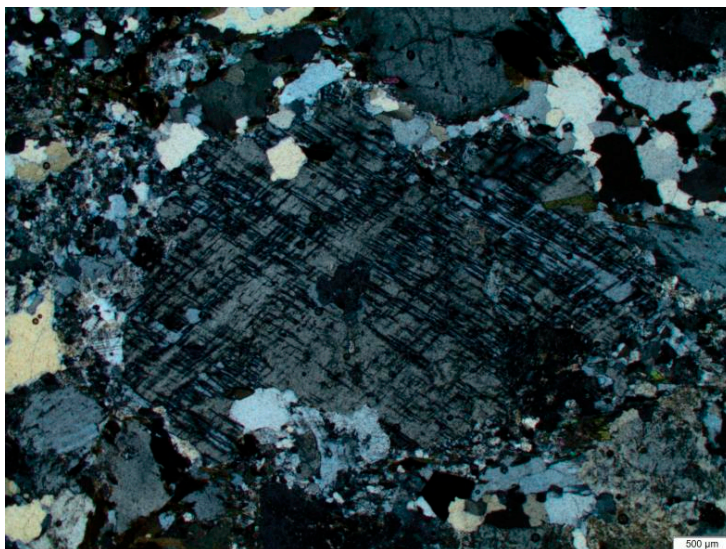
Os minerais máficos apresentam-se por vezes com microfissuramentos internos (principalmente as titanitas). Os cristais de alanita exibem-se metamictizados. Os minerais opacos exibem bordas por vezes retilíneas, por vezes arredondadas.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (25%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (25%):	ACESSÓRIOS
Cristais deformados, mostrando extinção óptica ondulante.	Álcali-Feldspato (A) tipo Microclina, ligeiramente deformado (porfiroclástico). Geminação cruzada.	Plagioclásio em forma de cristais menores, por vezes alterados, argilizados ou sericitizados. Geminação polissintética.	Biotitas marrons, lamelares, por vezes alterando localmente para clorita (secundária). Não tem Anfibólio.	Titanita, Alanita, Opacos, Apatita, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
30%	35%	35%	80% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	25%

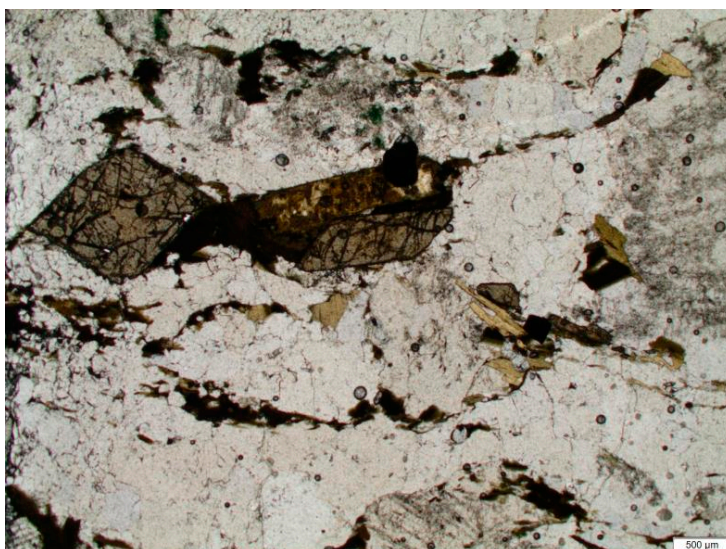
 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-141 / KC-48

OBSERVAÇÕES GERAIS: Classifica-se como Biotita Ortognaisse, Monzogranítico. Suíte Intrusiva Itaporanga.

Fotomicrografias



Legenda Biotita Ortognaisse, Monzogranítico, porfirítico. Os fenocristais são de K-feldspato tipo Microclina. Suíte Intrusiva Itaporanga. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-141, Afloramento KC-48, tipo Inselberg, não vinculado a pedreiras ou garimpos. Amostra KC-48, Município de Atalaia-AL.



Legenda Biotita Ortognaisse, Monzogranítico, porfirítico. Suíte Intrusiva Itaporanga. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Observa-se nesta fotografia minerais máficos acessórios (Titanita, Epidoto Magmático, Opacos). O Epidoto Magmático ou Alanita permite calcular a velocidade de ascensão do plúton e sua profundidade de intrusão. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-141, Afloramento KC-48, tipo Inselberg, não vinculado a pedreiras ou garimpos. Amostra KC-48, Município de Atalaia-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-142 / KC-85A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha (meta) ígnea plutônica granítica (ortognaisse granítico). Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica), heterogranular de granulação fina (< 1 mm) a média (entre 1 e 10 mm). Coloração cinza claro a rosa claro, mesclado. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Predomínio de minerais félsicos (80%), configurando uma rocha leucocrática. Aspecto homogêneo da rocha.

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura levemente foliada (foliação metamórfica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q(20%) + A(35%) + P (25%)=80% + M(20%) = 100%, recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974)= Q(25%)+ A(43,75%)+ P(31,25%)=100%, a rocha cai no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita, Titanita, Alanita (metamítica) e como Acessórios, Opacos, Apatita, Zircão, Clorita Secundária. Os minerais máficos (M) exibem bordas corroídas, indicando reações químicas no magma após a cristalização dos mesmos (hibridização).

Biotita lamelar, marrom, localmente cloritizada (verde). Esta reação é sugestiva de retrometamorfismo com aporte de água (hidratação).

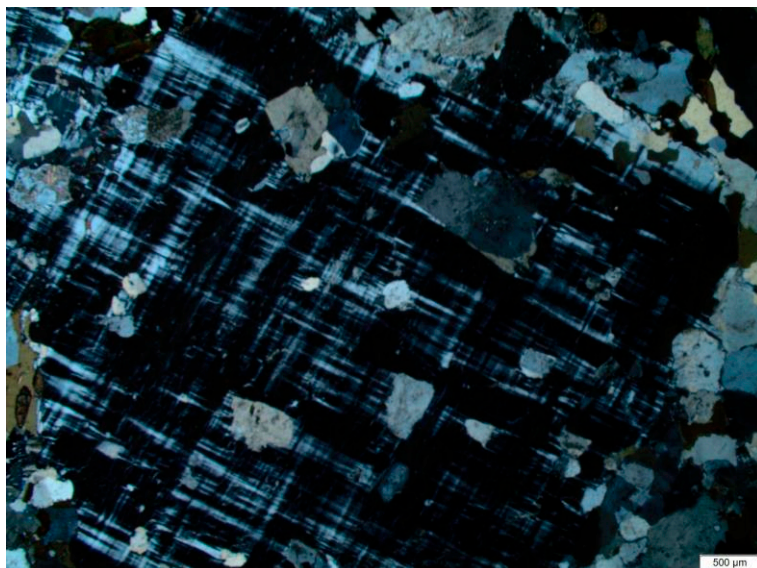
Os cristais de quartzo estão deformados, por vezes em formas iniciais de olhos (“augen”) e mostram individualização óptica de subgrãos e extinção óptica ondulante.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (20%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (35%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (20%):	ACESSÓRIOS
Grãos deformados, com extinção óptica ondulante e individualização de subgrãos.	Álcali-Feldspato tipo Microclina, contendo numerosas inclusões. Localmente alterado, argilizado.	Plagioclásio contendo inclusões e intercrescimentos mirmequíticos (com quartzo). Por vezes alterado, sericitizado e argilizado.	Biotita marrom, lamelar, micrométrica. Localmente alterando para Clorita (verde). Não tem Anfibólio.	Titanita, Alanita Metamítica, Acessórios (Opacos, Apatita, Zircão).
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO:	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
15%	80%	05%	80% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	20%

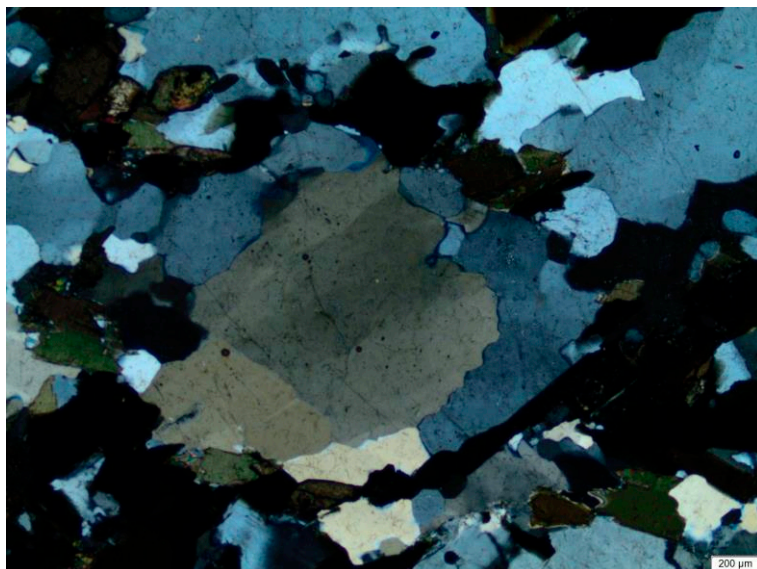
OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Ortognaisse Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-142 / KC-85A

Fotomicrografias



Legenda Biotita Ortognaisse Monzogranítico, porfirítico. Observa-se na fotografia um fenocristal de K-Feldspato (Microclina) centimétrico, contendo numerosas inclusões micrométricas. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 20%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-142, Afloramento KC-85, Amostra KC-85-A, Pedreira Monteiro, Município de Atalaia-AL.



Legenda Biotita Ortognaisse Monzogranítico, porfirítico. Observa-se na fotografia cristais de quartzo mostrando contatos interlobados e/ou serrilhados. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 20%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 4X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-142, Afloramento KC-85, Amostra KC-85-A, Pedreira Monteiro, Município de Atalaia-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-143 / KC-85B

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha plutônica granodiorítica (enclave máfico). Estrutura levemente foliada (foliação metamórfica), lépido-nematoblástica (dada pelas biotitas e anfibólios). Coloração cinza-escuro esverdeada, com grãos cinza-claros (quartzo e feldspatos) intercalados. Os minerais máficos (escuras, coloridos) são principalmente biotita + anfibólio e constituem cerca de 50% do volume modal da rocha, que se classifica como Mesocrática ou Máfica com relação ao Índice de Cor. Heterogranular, Granulação fina (<1 mm) a média (1 a 10mm). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica (cristais visíveis a olho nu), estrutura levemente foliada (foliação metamórfica) com foliação lépido-nematoblástica (dada pelas biotitas e anfibólios). Textura pan-idiomórfica ou automórfica (predomínio de minerais com formas idiomórficas (lamelares, prismáticas e poligonais).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q (15%) + A (05%) + P (30%) = 50% + M (50%) = 100%. Recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAP de Streckeisen (1974), obtém-se Q (30%) + A (10%) + P (60%) = 100% e a rocha cai no campo dos Granodioritos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita (marrom, lamelar), Anfibólio (prismático, verde), Titanita, Alanita, Opacos, Acessórios (Apatita, Zircão).

Os Feldspatos (Microclina e Plagioclásio) exibem grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%), estão alterados para argila (argilização) e sericita (sericitação). Quartzo, Biotita e Anfibólio não mostram alteração. Titanita e Opacos não estão alterados, mas mostram bordas corroídas (hibridização?).

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (15%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (05%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(30%):	MÁFICOS (M) (50%):	ACESSÓRIOS
Quartzo (Q) exibe extinção óptica ondulante e individualização de subgrãos.	Álcali-Feldspato tipo Microclina (A), mostrando geminação cruzada.	Plagioclásio (P) mostrando geminação polissintética.	Biotita marrom, lamelar. Anfibólio prismático, verde.	Titanita, Opacos, Alanita, Apatita, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
20%	30%	50%	50% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	15%

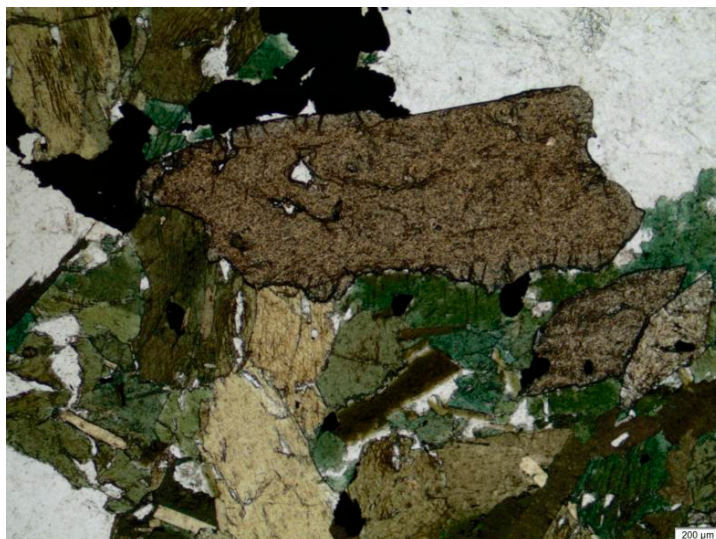
 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-143 / KC-85B

OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Ortognaisse Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados.

Fotomicrografias



Legenda Enclave máfico, de composição Biotita Anfibólio Ortognaisse Granodiorítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia a elevada proporção modal de minerais máficos (50%), principalmente Biotita e Anfibólio, conferindo à rocha uma textura lépido-nematoblástica. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 15%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-143, Afloramento KC-85, Amostra KC-85-B, Pedreira Monteiro, Município de Atalaia-AL.



Legenda Enclave máfico, de composição Biotita Anfibólio Ortognaisse Granodiorítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia Titanitas e Minerais Opacos com bordas corroídas, sugestivas de processos químicos de hibridização (mistura) de magmas. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 15%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 4X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-143, Afloramento KC-85, Amostra KC-85-B, Pedreira Monteiro, Município de Atalaia-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-144 / KC-86B

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha (meta)ígneia plutônica, granítica. Estrutura isotrópica a suavemente foliada (foliação metamórfica), bandada (gnáissica). Alternam-se bandas de coloração cinza-escuro (minerais máficos: biotita, anfibólio e acessórios) e de coloração branca a cinza-claro (minerais félsicos: quartzo e feldspatos).

Heterogranular, de Granulação fina (<1 mm) a média (1 a 10mm). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, estrutura suavemente foliada com foliação metamórfica (grau baixo), foliação de natureza lépido-nematoblástica (dada pelas biotitas e anfibólios, orientados segundo uma direção preferencial). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%), dado essencialmente pelos feldspatos (argilizados, sericitizados, saussuritizados).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q (25%) + A (25%) + P (25%) = 75% + M (25%) = 100%. Recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAP de Streckeisen (1974), obtém-se Q (33,33%) + A (33,33%) + P (33,33%) = 99,99% e a rocha cai no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita (marrom, lamelar), Anfibólio (prismático, verde), Acessórios: Titanita, Alanita, Opacos, Acessórios (Apatita, Zircão).

Os Feldspatos (Microclina e Plagioclásio) exibem grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%), estão alterados para argila (argilização) e sericita (sericitização). Quartzo, Biotita e Anfibólio não mostram alteração. Titanita e Opacos não estão alterados, mas mostram bordas corroídas. Os minerais máficos (escuras) estão orientados segundo a foliação metamórfica principal (gnáissica).

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (25%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (25%):	ACESSÓRIOS
Quartzo, límpido, inalterado, extinção óptica ondulante.	Álcali-Feldspato tipo Microclina, geminação cruzada, por vezes argilizado (caulinizado).	Plagioclásio, geminação polissintética, por vezes alterado para Sericita ou Saussurita.	Biotita marrom, lamelar. Anfibólio prismático, verde.	Titanitas, Opacos, Alanitas, Apatitas, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
25%	25%	50%	75% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	25%



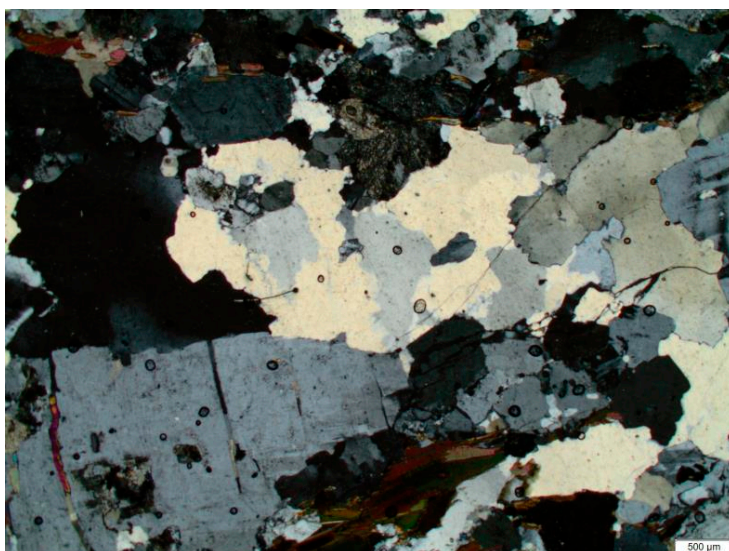
CPRM - Serviço Geológico do Brasil Análise Petrográfica da Lâmina FFV-144 / KC-86B

OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco.

Fotomicrografias



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia uma rocha de textura holocristalina, fanerítica, estrutura suavemente foliada com foliação metamórfica de baixo grau, bandada. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-144, Afloramento KC-86, Amostra KC-86-B, Município de Murici-AL.



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia os contatos retos a serrilhados entre os cristais de feldspatos e de quartzo, e côncavo-convexos a interlobados dos grãos de quartzo entre si. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-144, Afloramento KC-86, Amostra KC-86-B, Município de Murici-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-146 / KC-87A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Ortognaisse granítico. Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica), heterogranular de granulação fina (< 1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), eventualmente contendo fenocristais centimétricos de Álcali-feldspato tipo Microclina (até 2 a 3 cm), cinza claros róseos, sem contudo ter textura porfírica (são cristais esparsos). Coloração cinza médio a cinza claro esbranquiçado, com cristais rosa claros, mesclados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Predomínio de minerais félsicos (85%), configurando uma rocha leucocrática. Aspecto homogêneo da rocha.

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura levemente foliada (foliação metamórfica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q(20%) + A(40%) + P (25%)=85% + M(15%) = 100%, recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974)= Q(23,5%)+ A(47,1%)+ P(29,4%)=100%, a rocha cai no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita, Titanita, Alanita (metamítica) e como Acessórios, Opacos, Apatita, Zircão, Hornblenda Residual.

Biotita lamelar, marrom. Titanita losangular (rômbica), marrom. Alanita metamítica. Opacos com bordas quebradas. Hornblenda rara, residual. Acessórios micrométricos.

Fenocristais de Álcali-feldspato tipo Microclina contendo numerosas inclusões micrométricas.

Plagioclásios por vezes alterados (argilizados), euédricos a subédricos.

Quartzo em forma de cristais granulares, com extinção óptica ondulante, límpidos, inalterados.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (20%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (40%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (15%):	ACESSÓRIOS
Granulares, extinção ótica ondulante, límpidos, inalterados.	Álcali-Feldspato tipo Microclina, por vezes em forma de fenocristais centimétricos (2-3 cm).	Plagioclásios milimétricos a subcentimétricos, euédricos a subédricos, por vezes alterados.	Biotitas lamelares, marrons. Hornblendas raras, residuais.	Titanitas. Alanitas. Opacos. Acessórios (Apatita, Zircão).
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO:	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
15%	80%	05%	85% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	20%

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-146 / KC-87A

OBSERVAÇÕES GERAIS: Granito Gnáissico Cinza, de composição Biotita Ortognaisse Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados.

Fotomicrografias



Legenda Granito Gnáissico Cinza, de composição Biotita Ortognaisse Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia Titanitas mostrando microfeições de cavalgamento, correlatas às macro-feições de cavalgamento visualizadas no afloramento. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 20%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-146, Afloramento KC-87, Amostra KC-87-A, Município de Rio Largo-AL.



Legenda Granito Gnáissico Cinza, de composição Biotita Ortognaisse Monzogranítico. Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia Titanitas mostrando microfeições de cavalgamento, correlatas às macro-feições de cavalgamento visualizadas no afloramento. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 20%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-146, Afloramento KC-87, Amostra KC-87-A, Município de Rio Largo-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-147 / KC-113

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Ortognaisse granítico a granodiorítico (rocha metamórfica de origem plutônica). Estrutura foliada (foliação metamórfica, gnáissica), localizadamente migmatizada. Inequigranular, de granulação fina (< 1 mm) a média (entre 1 e 10 mm), eventualmente contendo fenocristais centimétricos de Plagioclásio (até 1 cm), brancos, sem contudo configurar textura porfirítica (são cristais esparsos). Coloração alternando bandas cinza médio e cinza claro-esbranquiçado, com cristais brancos, intercalados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Predomínio de minerais félsicos (80%), configurando uma rocha leucocrática. Por vezes a rocha gnáissica é cortada por veios leucocráticos, quartzo-feldspáticos, brancos.

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, inequigranular, granulação fina (<1mm) a média (entre 1 e 10 mm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura levemente foliada (foliação metamórfica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q(30%) + A(20%) + P (30%)=80% + M(20%) = 100%, recalculando QAP para 100% e projetando no Diagrama QAP de Streckeisen (1974)= Q(37,5%)+ A(25,0%)+ P(37,5%)=100%, a rocha cai no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita, Anfibólio e como Acessórios, Titanita, Opacos, Apatita, Zircão.

Os cristais de Plagioclásio por vezes exibem textura de exsolução mirmequítica e outras vezes textura anti-pertítica. Às vezes as duas texturas no mesmo cristal. Também se observa geminação Carlsbad. A textura mirmequítica é frequente em minerais com rochas que estão sofrendo processos de migmatização (fusão parcial). Os minerais máficos representam 20% do volume modal da rocha, sendo 05% biotita (marrom, lamelar), 05% anfibólio e 10% de minerais acessórios. As Titanitas são rômbricas e mostram microfissuramento interno (fraturas internas).

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (30%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (20%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(30%):	MÁFICOS (M) (20%):	ACESSÓRIOS
Quartzo límpido, inalterado, mostrando extinção óptica ondulante. Xenomórfico.	Álcali-Feldspato tipo Microclina (K-Feldspato triclinico). Microclina e Plagioclásio Idiomórficos a Hipidiomórficos.	Plagioclásio mostrando textura mirmequítica nas bordas, típica em processos de migmatização e textura anti-pertítica.	Biotita, marrom, lamelar. Anfibólio verde, prismático. Biotita, Anfibólio e demais máficos alinhados segundo a foliação metamórfica, gnáissica.	Titanita, Opacos, Apatita, Zircão. Titanita mostra microfissuramento.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
25%	50%	25%	80%	30%
			(Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	

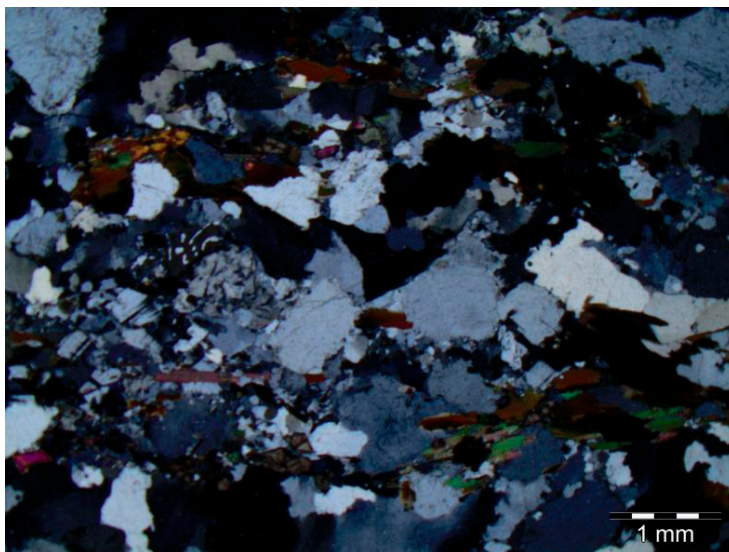
 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-147 / KC-113

OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico pertencente ao Complexo Belém do São Francisco.

Fotomicrografias



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia a rocha gnáissica sendo atravessada por veios leucocráticos, quartzo-feldspáticos. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 30%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-147, Afloramento KC-113, Amostra KC-113, Município de Murici-AL.



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia cristais de Plagioclásio que por vezes exibem textura de exsolução mirmequítica, esta textura mirmequítica é frequente em minerais de rochas que estão sofrendo processos de migmatização (fusão parcial). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 30%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-147, Afloramento KC-113, Amostra KC-113, Município de Murici-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-148 / KC-114A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Ortognaisse granítico a granodiorítico (rocha metamórfica de origem plutônica granitóide). Textura equigranular média a grossa a inequigranular, os cristais de feldspatos são principalmente brancos e medem entre 1 cm e 3 cm (granulação grossa). Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica, gnáissica). Coloração granulada cinza médio a cinza claro-esbranquiçado, com cristais brancos. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%), dado principalmente pela alteração dos feldspatos, com frequência argilizados.

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, equigranular a inequigranular de granulação média (entre 1 e 10 mm) a grossa (1 a 3 cm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina em mosaico granoblástico suavemente orientado). Estrutura isotrópica a levemente foliada (foliação metamórfica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q(25%)+A(25%)+P(25%):75% +M(25%):100%, recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAPF de Streckeisen (1974) para rochas plutônicas, obtivemos: Q(33%)+A(33%)+P(33%):99,99% e projeta-se no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) observados são: Biotita, Anfibólio e como Acessórios, Alanita, Titanita, Opacos, Apatita, Zircão. A Alanita é metamítica e zonada, de origem ígnea. A Titanita exibe-se losangular e bastante fraturada internamente (microfissuramento).

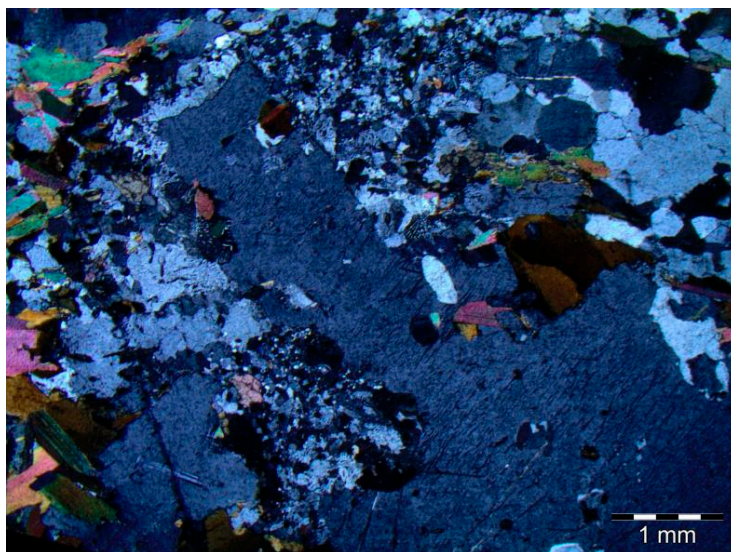
O Plagioclásio mostra geminação polissintética e textura mirmequítica nas bordas, e por vezes, zonação. Esta textura mirmequítica é comum no limite gnaisse-migmatito, quando começam os processos de fusão que criam o neossoma granítico nos complexos gnáissicos-migmatíticos. Álcali-Feldspato tipo Microclina, mostrando geminação cruzada. Quartzo mostrando extinção óptica ondulante, refletindo a deformação gnáissica. Por vezes cisalhado, cominuído.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (25%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (25%):	ACESSÓRIOS
Extinção óptica ondulante. Aspecto inalterado, límpido. Por vezes cisalhado, cominuído.	Álcali-Feldspato (K-Feldspato) tipo Microclina, geminação cruzada.	Plagioclásio mostrando textura mirmequítica nas bordas (exsolução de quartzo) e por vezes zonação.	Biotita marrom, lamelar, orientada segundo a foliação metamórfica, entre os cristais de Feldspatos (Microclina e Plagioclásio).	Anfibólio, Alanita, Titanita, Opacos, Apatita, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
10%	75%	15%	75% (Leucocrático: 65-90% de Minerais Félsicos).	25%

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-148 / KC-114A

OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco.

Fotomicrografias



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao complexo gnáissico-migmatítico da unidade Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia cristal idioblástico de K-Feldspato adjacente a mosaico de cristais de Plagioclásio com texturas mirmequíticas (exsolução vermicular com quartzo). Esta textura mirmequítica é comum no limite gnaisse-migmatito, quando começam os processos de fusão que criam o neossoma granítico nos complexos gnáissicos-migmatíticos. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-148, Afloramento KC-114, Amostra KC-114-A, Município de Murici-AL.



Legenda Biotita Anfibólio Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao complexo gnáissico-migmatítico da unidade Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia cristais de Anfibólio (verde) e Biotitas (marrons), além de Minerais Opacos, compondo a mineralogiamáfica da rocha. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-148, Afloramento KC-114, Amostra KC-114-A, Município de Murici-AL.


CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-149 / KC-114B

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Rocha hololeucocrática granítica, de cor branca e contendo visíveis cristais micrométricos até 1-2mm de granadas cor de vinho, ocorrendo como “diques” ou “porções difusas” no maciço gnáissico-migmatítico mesocrático cinzento do Complexo Belém do São Francisco (KC-R-114 A).

Textura geral da rocha inequigranular de granulação média (1 a 10 mm) a grossa (1 a 3 cm). Estrutura isotrópica a olho nú, não exibindo estruturas reconhecíveis a priori (lineações, foliações, bandamentos).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, equigranular a inequigranular de granulação média (entre 1 e 10 mm) a grossa (1 a 3 cm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura similar à exibida por “hornfels”: matriz cristalina em mosaico granoblástico mostrando cristais com orientações conflitantes, sugestivas de origem por fusão magmática, sugerindo ser a rocha um neossoma granítico proveniente da migmatização do maciço gnáissico-migmatítico.

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: Q(30%)+A(20%)+P(40%)=90% + M (10%)=100%. M (Máficos) estão constituídos basicamente por Granada (às vezes alterando internamente para Hornblenda) e Opacos. Recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAPF de Streckeisen (1974) para rochas plutônicas, obtivemos: Q(33,33%)+A(22,22%)+P(44,44%):100% e projeta-se no campo dos Granodioritos. Trata-se de uma rocha hololeucocrática (90% de minerais félsicos ou claros), e que a princípio foi confundida com um veio granítico ou pegmatítico, mas ao fazer a análise petrográfica ao microscópio, a textura de fusão da matriz cristalina, assim como o tamanho da granulação dos cristais, mostrou tratar-se de um neossoma granítico (de composição granodiorítica).

Os cristais de Plagioclásio mostram geminação polissintética (lamelar) característica e por vezes exibem nas bordas exsolução de quartzo (textura mirmequítica).

Os cristais de Quartzo mostram-se límpidos, inalterados, com extinção óptica ondulante.

Os cristais de Álcali-Feldspato (Microclina) mostram geminação cruzada.

Cristais granoblásticos de Granada, de coloração rosa pálida a castanha, por vezes fraturados internamente, ocorrem distribuídos na rocha. Algumas vezes alterando internamente para hornblenda, verde. Como acessórios, minerais opacos, xenoblásticos.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (30%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (20%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(40%):	MÁFICOS (M) (10%):	ACESSÓRIOS
Quartzo inalterado, límpido, granular. Extinção óptica ondulante.	Álcali-Feldspato (K-Feldspato) tipo Microclina, mostrando geminação cruzada.	Plagioclásio mostrando geminação polissintética e textura mirmequítica (exsolução com quartzo) nas bordas.	Granada castanha a rosa pálida. Granular. Por vezes alterando internamente para hornblenda, verde.	Opacos
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	



CPRM - Serviço Geológico do Brasil Análise Petrográfica da Lâmina FFV-136 / KC-27B

Fotomicrografias



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, contendo numerosos microcristais silicáticos (quartzo, feldspatos)
Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X.
Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-136, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-B, Município de São Miguel dos Campos-AL.



Legenda Calcário fossilífero da Formação Morro do Chaves, contendo numerosos microcristais silicáticos (quartzo, feldspatos).
Parâmetros: Nicóis Paralelos, Ocular 10X, Objetiva 2X.
Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-136, Afloramento KC-27, Amostra KC-27-B, Município de São Miguel dos Campos-AL.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-149 / KC-114B



Legenda Neossoma granítico hololeucocrático granatífero, de composição granodiorítica, inserido no maciço gnáissico-migmatítico mesocrático do Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia cristal idioblástico granoblástico de granada, cercado por matriz cristalina félsica com textura de fusão (mosaico granoblástico com tamanhos micrométricos e orientação difusa dos cristais, em várias direções conflitantes, similar à textura "hornfels"). Esta textura é característica de um neossoma granítico. Grau de alteração muito baixo (1 a 5%). Índice de quartzo: 30%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-149, Afloramento KC-114, Amostra KC-114-B, Município de Murici-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-152 / KC-120A

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Ortognaisse leucocrático, de composição granítica a granodiorítica, coloração branca, estruturalmente foliado (foliação metamórfica). Equigranular a suavemente inequigranular. Granulação fina (entre 01 a 1 mm) a média (entre 1 a 10 mm). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Leucocrático (minerais félsicos: Q+A+P: 90%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, equigranular a inequigranular de granulação média (entre 1 e 10 mm) a grossa (1 a 3 cm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura suavemente foliada (foliação metamórfica).

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: $Q(30\%)+A(30\%)+P(30\%)=90\% + M(10\%)=100\%$. Recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAPF de Streckeisen (1974) para rochas plutônicas, obtivemos: $Q(33,33\%)+A(33,33\%)+P(33,33\%):99,99\%$ e projeta-se no campo dos Monzogranitos. Máficos estão constituídos basicamente por Biotita marrom (às vezes alterando para Clorita verde), Granada, Opacos e Acessórios (Apatita, Zircão, Secundários). Plagioclásio ocorre muito alterado, argilizado e sericitizado.

Quartzo ocorre xenomórfico, deformado, com extinção óptica ondulante.

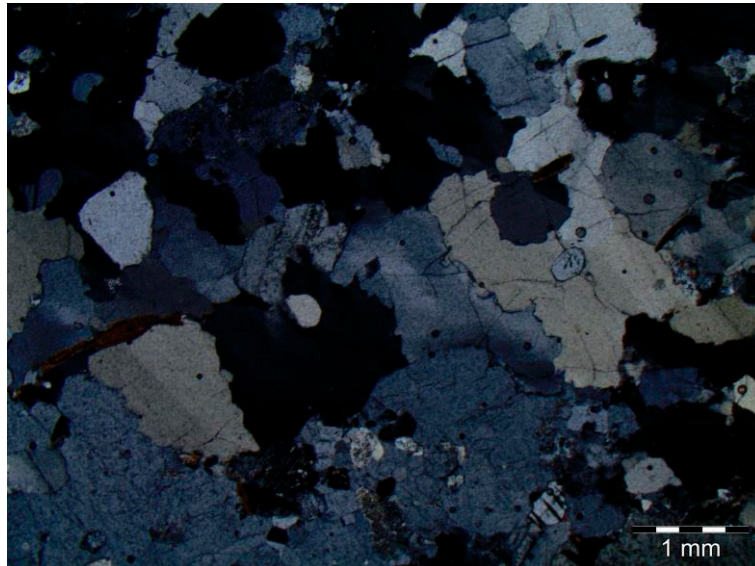
Álcali-feldspato tipo Microclina, mostra geminação cruzada e discreta alteração, bem menos que os cristais de Plagioclásio. Os cristais de Feldspato (Plagioclásio e Microclina) também são xenomórficos, deformados.

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (30%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (30%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(30%):	MÁFICOS (M) (10%):	ACESSÓRIOS
Xenomórfico. Extinção óptica ondulante.	Álcali-Feldspato tipo Microclina. Geminação Cruzada..	Plagioclásio mostrando geminação polissintética. Muito alterado.	Biotita marrom, por vezes alterando para Clorita verde.	Granada, Opacos.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO- CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
80%	10%	10%	(Leucocrática: 90% de Minerais Félsicos).	30%

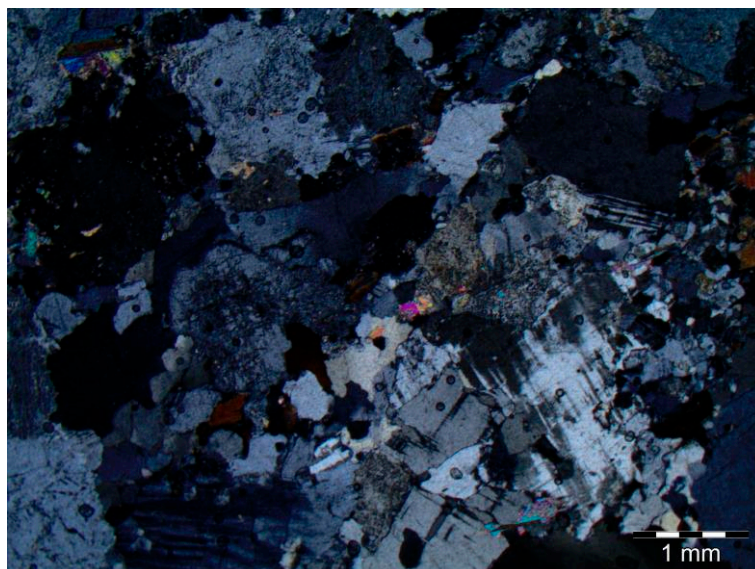
OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Ortognaisse Monzogranítico, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-152 / KC-120A

Fotomicrografias



Legenda Biotita Ortognaisse Monzogranítico, leucocrático, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia que o Plagioclásio do mosaico cristalino ocorre muito alterado, argilizado e sericitizado, concentrando as alterações da rocha, enquanto o Quartzo e o K-Feldspato ocorrem mais preservados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 30%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-152, Afloramento KC-120, Amostra KC-120-A, Município de Murici-AL.



Legenda Biotita Ortognaisse Monzogranítico, leucocrático, pertencente ao Complexo Belém do São Francisco. Observa-se na fotografia que o Plagioclásio do mosaico cristalino ocorre muito alterado argilizado e sericitizado, concentrando as alterações da rocha, enquanto o Quartzo e o K-Feldspat ocorrem mais preservados. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 30% Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-152, Afloramento KC-120, Amostra KC-120-A, Município de Murici-AL.



CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Análise Petrográfica da Lâmina FFV-154 / KC-132C

DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA: Granitóide leucocrático, de composição granítica a granodiorítica, coloração rosa claro acinzentado granuloso, isotrópico a suavemente foliado (foliação magmática). Equigranular a suavemente inequigranular. Granulação fina (entre 01 a 1 mm) a média (entre 1 a 10 mm). Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Leucocrático (minerais félsicos: Q+A+P: 80%).

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

ANÁLISE GERAL (GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL, ESTRUTURAL): Rocha de textura holocristalina, fanerítica, equigranular a inequigranular de granulação média (entre 1 e 10 mm) a grossa (1 a 3 cm), hipidiomórfica ou hipautomórfica (predomínio de minerais subédricos ou subidiomórficos na matriz cristalina). Estrutura suavemente foliada (foliação metamórfica), gnáissica.

DESCRIÇÃO MINERALÓGICA:

MINERAIS: $Q(25\%)+A(30\%)+P(25\%)=80\% + M(20\%)=100\%$. Recalculando QAP para 100% e projetando em um Diagrama QAPF de Streckeisen (1974) para rochas plutônicas, obtivemos: $Q(31,25\%)+A(37,50\%)+P(31,25\%):100\%$ e projeta-se no campo dos Monzogranitos. Os minerais máficos (M) são: Anfibólio (verde), Biotita (marrom), Opacos, Alanita, Epidoto (secundário), Titanita, Apatita, Zircão metamítico (halos pleocróicos).

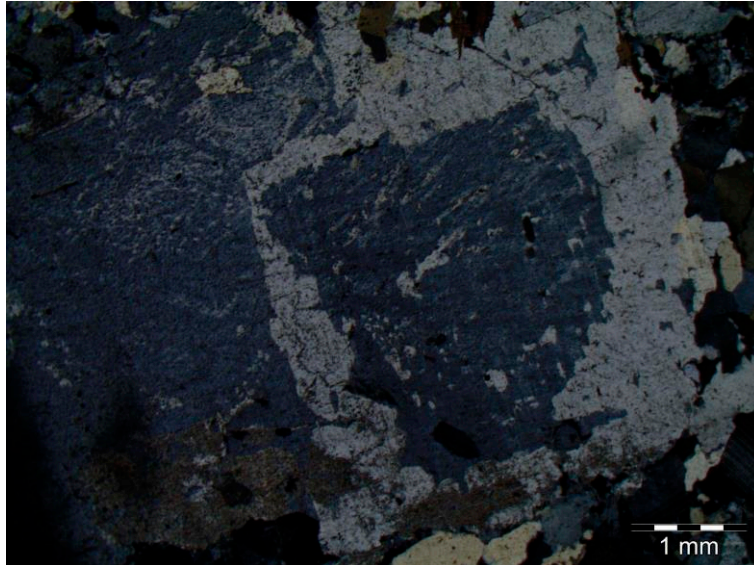
Plagioclásio mostrando zoneamento mineral combinado com geminação Carlsbad. Alguns cristais de Plagioclásio mostram combinação de geminação polissintética e geminação Carlsbad. Megacristais de Álcali-Feldspato tipo Microclina mostrando textura pertítica (exsolução de plagioclásio). Quartzo apresenta-se granular a xenomórfico, extinção óptica ondulante, por vezes brechóide (cisalhado, cominuído).

ANÁLISE MINERALÓGICA E MODAL:				
QUARTZO (Q) (25%):	ÁLCALI-FELDSPATO (A) (30%):	PLAGIOCLÁSIO (P)(25%):	MÁFICOS (M) (20%):	ACESSÓRIOS
Granular a xenomórfico. Extinção óptica ondulante. Por vezes brechóide.	Álcali-Feldspato tipo Microclina (K-Feldspato triclinico). Geminação cruzada.	Plagioclásio mostrando geminação polissintética.	Anfibólio (verde), Biotita (marrom), Opacos, Alanita, Epidoto (secundário), Titanita.	Apatita, Zircão.
TIPOS DE CONTATO (%)			GRAU DE MICROFISSURAMENTO: Baixo (<5%)	
CÔNCAVO-CONVEXO E/OU INTERLOBADO	POLIGONAL	SERRILHADO E/OU RETO	ÍNDICE DE COLORAÇÃO	ÍNDICE DE QUARTZO
25%	50%	25%	(Leucocrática: 80% de Minerais Félsicos).	25%

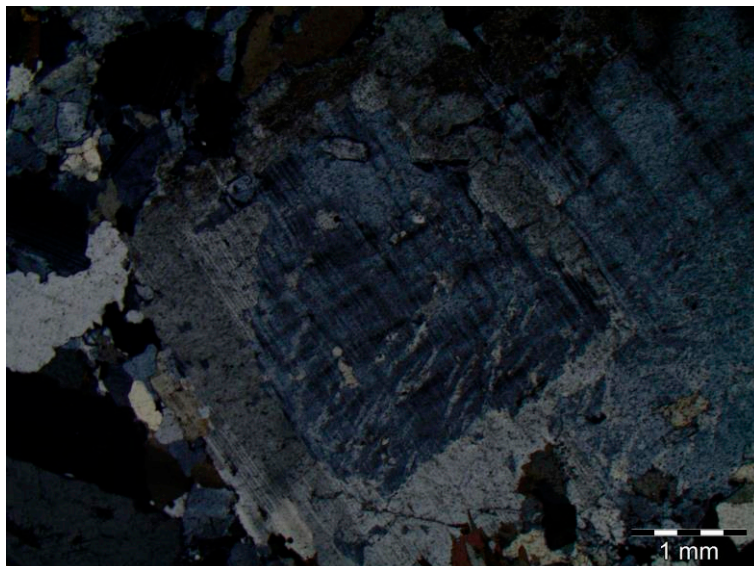
OBSERVAÇÕES GERAIS: Biotita Anfibólio Monzogranito, pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados.

 **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**
Análise Petrográfica da Lâmina FFV-154 / KC-132C

Fotomicrografias



Legenda Biotita Anfibólio Monzogranito, pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia Feldspatos mostrando zoneamento mineral sugestivo de cristalização fracionada no processo de evolução da rocha. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-154, Afloramento KC-132, Amostra KC-132-C. Município de Maceió-AL.



Legenda Biotita Anfibólio Monzogranito, pertencente à Unidade dos Granitóides Indiscriminados. Observa-se na fotografia Feldspatos mostrando zoneamento mineral sugestivo de cristalização fracionada no processo de evolução da rocha. Grau de alteração baixo a moderado (10 a 15%). Índice de quartzo: 25%. Parâmetros: Nicóis Cruzados, Ocular 10X, Objetiva 2X. Microscópio Olympus BX-51. Lâmina FFV-154, Afloramento KC-132, Amostra KC-132-C. Município de Maceió-AL.

LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gamela - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Côrrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Picaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2011.

SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupira - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripari - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crissás/Pilar - Goiás, 1997.
-

- № 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.
№ 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
№ 13 - Área MT-01 Peizoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
№ 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
№ 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.
№ 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.
№ 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.
№ 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.
№ 19 - Área RR-01 Urucacá - Roraima, 1997.
№ 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.
№ 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.
№ 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.
№ 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.
№ 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.
№ 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.
№ 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.
№ 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.
№ 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.
№ 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.
№ 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.
№ 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatuba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.
№ 32 - Área AP-02 Tartarugabrinha - Amapá, 1997.
№ 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.
№ 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.
№ 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.
№ 36 - Área PA-18 Vila Rizinho - Pará, 1997.
№ 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.
№ 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.
№ 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.
№ 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.
№ 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.
№ 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.
№ 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.
№ 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.
№ 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.
№ 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.
№ 47 - Área GO-10 Frenópolis/Iraguá - Goiás, 1998.
№ 48 - Área CE-01 Perituba/Ipu - Ceará, 1998.
№ 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.
№ 50 - Área PA-20 Jacaracanga - Pará/Amazonas, 1998.
№ 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.
№ 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.
№ 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.
№ 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.
№ 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.
№ 56 - Área RR-03 Urucocera - Roraima, 1998.
№ 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.
№ 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.
№ 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.
№ 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.
№ 61 - Área PR-01 Curitiba/Monretes - Paraná, 1998.
№ 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.
№ 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.
-

- Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.
 Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
 Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
 Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
 Nº 68 - Área RR-05 Apicuri - Roraima, 1999.
 Nº 69 - Área AM-05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
 Nº 70 - Área MT-07 Aracés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
 Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
 Nº 72 - Área RR-02 Mucajá - Roraima, 2000.
 Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
 Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
 Nº 75 - Área MG-04 Serra - Minas Gerais, 2000.
 Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
 Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
 Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
 Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
 Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
 Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000.
 Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
 Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
 Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
 Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
 Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
 Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
 Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
 Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas - Municípios de Mansira e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
 Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
 Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Çaçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Sabinho - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000.
 Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi - Rio Grande do Sul, 2000.
 Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juvenra-Teles Pires, Mato Grosso - Goiânia, 2008.
 Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.
 Nº 18 - Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.

SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2016.
- Nº 16 - Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 - Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 - Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 - Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.
- Nº 21 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 - Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados da Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 - Investigação de Anomalias Geofísicas na Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.
- Nº 25 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 26 - Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- Nº 27 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021.

SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2016.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017.
- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017.
- Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017.

Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO

Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.

Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.

Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.

Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.

Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.

Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.

Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.

Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.

Nº 12 - Turfa da Região de Itapuá - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.

Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.

Nº 16 - Diamante do Rio Mau - Estado da Roraima, 1997.

Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.

Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.

Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.

Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 1999.

Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.

Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.

Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

Nº 26 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.

Nº 27 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.

Nº 28 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2022.

Nº 29 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Inui-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.

Nº 30 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.

Nº 31 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.

SÉRIE DIVERSOS

Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.

Nº 02 - Argilas Nobres e Zeólitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.

Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.

Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

Nº 05 - Terras Indígenas do Nordeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastro Mineral na região do Tumú-Capuru, Estado do Amazonas, Manaus, 2020

SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Nº 01 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará, Recife, 2007.

Nº 02 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental do Rio Grande do Norte, setor Tauros, Recife, 2021.

Nº 03 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental rasa de Pernambuco, Recife, 2020.

Nº 04 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, setor Bitupitá, Recife, 2022

Nº 05 – Prospecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira, Rio de Janeiro, 2021.

Nº 06 – Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos Maciços na Cordilheira Mesoatlântica Equatorial, Rio de Janeiro, 2022

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.

Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.

Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.

Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.

Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.

Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.

Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.

Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.

Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.

Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.

Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.

Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Natal, 2015.

Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.

Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.

Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015

Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015

Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016

Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016

Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016

Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.

Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.

Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.

Nº 23 – Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019

Nº 24 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo – Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.

Nº 25 – Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe – Estado de Pernambuco, Recife, 2019.

Nº 26 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte – Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Nº 27 – Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.

Nº 28 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.

Nº 29 – Estudos dos granitóides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.

Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Durém - Estado do Pará, Belém, 2020.

Nº 31 – Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Qurolândia-Campo Formoso, Salvador, 2021

Nº 32 – Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021

Nº 33 – Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021

Nº 34 – Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas e entorno (RS), Porto Alegre, 2021

Nº 35 – Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021

SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009

Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011.

Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013

Atlas of Dimension Stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015

Atlas de Rochas Ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017

Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022

SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS

Nº 01 – Projeto BANED – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008

Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.

Nº 03 – Projeto BANED – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL

Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015

Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015

Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.

Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juvená-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-II, Brasília, 2015.

Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zircônico de Vazante – MG, Brasília, 2015.

Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.

Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.

Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.

Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017

Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2019

Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.

Nº 12 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reserva Nacional do Colore e Associações, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.

Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Painelas”) em zonas de cisalhamento dúctil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.

Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral: ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Uruaí (Zn-Pb-Cu), MG, 2018

Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.

Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, PA - Estratigrafia e análise do Minério de Min de Carajás - áreas Azul, Sereno, Bunitirama e Antônio Vicente, PA, 2018.

Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018

Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.

Nº 19 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.

Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Batólito Pelotas-Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.

Nº 21 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.

Nº 22 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juvená-Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.

Nº 23 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019

Nº 24 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, Fortaleza, 2019.

Nº 25 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Cráton do São Francisco (Área Riacho do Portal), PI, Teresina, 2019.

Nº 26 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Cráton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.

Nº 27 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.

Nº 28 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.

Nº 29 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.

Nº 30 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Reavaliação das seqüências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Nº 31 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021.

Nº 32 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Seqüências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021.

Nº 33 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cruzento, Estado do Pará, Belém, 2021.

Nº 34 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021.

SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS

Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 03 – Projeto Avaliação da Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

Nº 04 – Projeto Avaliação da Potencial de Terras Raras No Brasil – Área Morro dos Seis Lagos, Nordeste do Amazonas, Brasília, 2019.

Nº 05 – Projeto Avaliação da Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.

SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Nº 01 – Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.

Nº 02 – Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.

Nº 03 – Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Barborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.

SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO

Nº 01 – Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



ISBN**978-65-5664-264-2**

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS
INDUSTRIAIS - Nº 36

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

O presente informe buscou organizar as informações sobre a atividade minerária na região, voltada para insumos minerais para a construção civil (areia, brita/paralelo, materiais de empréstimo, argila para cerâmica e calcário para produção de cimento), em confronto com os elementos restritivos à sua atuação, sejam sociais ou ambientais.

Assim, o Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem a satisfação em apresentar o PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ E ADJACÊNCIAS.

Os trabalhos desenvolvidos pelo Projeto tiveram como objetivos, produzir um diagnóstico do setor de mineração (Exploração, produção, oferta e demanda), estimular a instalação de novos empreendimentos na área, levantar dados que permitam a atividade mineira de forma sustentável, e fornecer subsídios preliminares para a formulação de políticas públicas e o planejamento da minimização do impacto ambiental que a atividade provoca.

O projeto tem como meta principal produzir e disponibilizar informações geológicas atualizadas que permitam caracterizar e avaliar o potencial econômico desses bens minerais na RMM e Adjacências, indicando fontes geológicas, reservas, caracterização e potencialidade dos insumos, produção e processos produtivos.

Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra O2, Asa Norte
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040 - 904
Tel: 61 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro

Av. Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 3182-1326

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

Núcleo de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: comunicacao@sgb.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344
E-mail: ouvidoria@sgb.gov.br

Serviço de Atendimento ao Asuário - SEUS

Tel: 21 2295-5997
E-mail: seus@sgb.gov.br

WWW.SGB.GOV.BR



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL