

# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AGROMINERAL DO BRASIL: EIXO MANAUS - BOA VISTA



### INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Insumos Minerais para Agricultura, nº 28

Manaus - 2022

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Adolfo Sachsida

### **Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Líliã Mascarenhas Sant'agostino

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente Interino**

Cassiano de Souza Alves

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Márcio José Remédio

#### **Diretora 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 Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

#### **Chefe da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos**

Ioná de Abreu Cunha

#### **Chefe da Divisão de Geologia Econômica**

Guilherme Ferreira da Silva

#### **Chefe da Divisão de Geoquímica**

Silvana de Carvalho Melo

#### **Chefe do Departamento de Geologia**

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

#### **Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Patrick dos Santos

#### **Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

#### **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**

Patrícia Düringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

David Teles Ferreira

#### **Chefe do Departamento de Apoio Técnico**

Américo Caiado Pinto

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Lucas Victor de Alcantara Estevão

#### **Coordenação Nacional do Projeto Agrominerais**

Alessandra Elisa Blaskowski

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MANAUS**

### **Superintendente Regional**

Marcelo Batista Motta

### **Gerência de Geologia e Recursos Minerais**

Antônio Charles Silva Oliveira

### **Responsável Técnico do Projeto**

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho

**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**

---

# **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AGROMINERAL DO BRASIL: EIXO MANAUS - BOA VISTA**

### **ORGANIZADORES**

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

### **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Insumos Minerais para Agricultura, nº 28



---

Manaus  
2022

## REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Manaus

## ORGANIZAÇÃO

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

## TEXTO EXPLICATIVO

### 1. Introdução

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

### 2. Normas Legais para Fertilizantes Vigentes no Brasil

Alessandra Elisa Blaskowski  
Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho

### 3. Contexto Geológico Regional

Paulo Roberto Santos Lopes  
Antônio Charles Silva Oliveira

### 4. Unidades de Interesse Agromineral e Prospectos Avaliados

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

### 5. Conclusões

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

## Referências

Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

## Anexos

## APOIO TÉCNICO

### CARTOGRAFIA GEOLÓGICA (<http://geosgb.cprm.gov.br>)

### SIG GEOLÓGICO / MAPA DE POTENCIAL AGROMINERAL

Rogério Celestino de Almeida  
Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho  
Alessandra Elisa Blaskowski

### PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

#### Capa (DIEDIG)

Lucas Victor de Alcântara Estevão

#### Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

#### Diagramação (DIEDIG)

Andrea Machado de Souza

### NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Isabel Ângela dos Santos Matos

### REVISÃO DO PROJETO

#### Revisão do texto para publicação

Antônio Charles Silva Oliveira  
Ioná de Abreu Cunha  
Magda Bergmann  
Alessandra Elisa Blaskowski

#### Revisão final

Ioná de Abreu Cunha

---

#### FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

1. Paisagem geomorfológica em Roraima;
2. Afloramento no Bloco Boa Vista, Roraima;
3. Cava a céu aberto da Granada Mineração, no Bloco Boa Vista;
4. Descarte de lavra com vegetação na Pedreira da EBAM no Bloco Manaus, Amazon.

---

#### Serviço Geológico do Brasil – CPRM

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)  
[seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Serviço Geológico do Brasil – CPRM / DIDOTE - Processamento Técnico

A945

Avaliação do potencial agromineral do Brasil: Eixo Manaus – Boa Vista / Organizadores Paulo Roberto Rodrigues Benevides Filho [e] Alessandra Elisa Blaskowski. – Manaus: CPRM, 2022.

1 recursos eletrônico : PDF. – (Informe de Recursos Minerais, Série Insumos Minerais para Agricultura, nº 28).

ISBN 978-65-5664-212-3

1. Geologia Econômica – Brasil. 2. Agrominerais – Amazônia. 3. Depósitos Minerais – Amazônia. 4. Recursos Naturais – Amazônia. I. Benevides Filho, Paulo Roberto Rodrigues (org.). II. Blaskowski, Alessandra Elisa (org.). III. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. IV. Título. V. Série.

CDD 553.09811

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Isabel Ângela dos Santos Matos – CRB-5/995

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

O **Ministério de Minas e Energia**, por intermédio do **Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)**, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos agricultores e aos empresários do setor mineral, em particular aqueles ligados ao agronegócio e ao setor de fertilizantes, os resultados do Projeto **Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus - Boa Vista**. Este é mais um produto realizado a partir do Programa **“Geologia, Mineração e Transformação Mineral”** e da Ação **“Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil”**. Desta forma, o SGB – CPRM produz e gerencia acervos expressivos de dados e informações geológicas em todo território nacional, o que possibilita a realização de projetos de avaliação de potencial mineral, que disponibilizam o estado da arte do conhecimento geológico e dos recursos minerais em escala regional.

O presente exemplar da Série Insumos Minerais para a Agricultura concentra informações resultantes da prospecção e do mapeamento de agrominerais de importante região da Amazônia Ocidental. O objetivo principal da pesquisa é caracterizar e levantar as fontes de minerais e rochas para emprego nas técnicas de remineralização e/ou condicionamento de solos, com ênfase em materiais disponíveis em pilhas de descartes de mineração. O trabalho permitiu definir ambientes potenciais aos insumos agrícolas na região do eixo Manaus - Boa Vista, a partir das seguintes linhas de trabalho: 1) Levantamento de dados - Estudos de informações a partir de banco de dados geológicos, geofísicos e geoquímicos, além de trabalhos que envolvam estudos de agrogeologia; 2) Prospectiva – Coleta de dados e informações em campo a respeito das unidades geológicas de interesse agromineral (UIA), com enfoque principalmente em empreendimentos de mineração, bem como materiais de descarte relacionados a esta atividade, quando houver; 3) Analítica - Análises litoquímicas, petrográficas, de difração de raios X e microscópio eletrônico de varredura para caracterização dos materiais mais promissores, recomendados para futuros ensaios agronômicos.

A pesquisa dos novos insumos pode agregar valor econômico a passivos ambientais da mineração, contribuindo para atender à demanda brasileira por insumos agrícolas dentro de uma perspectiva brasileira de desenvolvimento sócio-econômico-sustentável. Assim, a publicação do produto representa mais uma fonte de informações indispensável para a atração de novos investimentos no uso de agrominerais silicáticos e remineralizadores a partir de descartes da mineração, fornecendo insumos não tradicionais e de baixo custo para o setor agrícola, contribuindo para impulsionar a economia regional e nacional.

Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) dá continuidade à política governamental que incentiva o desenvolvimento de trabalhos em todas as regiões geográficas do país, cujo objetivo é o de proporcionar o incremento do conhecimento geológico e atrair investimentos para o setor mineral, contribuindo dessa forma para o crescimento nacional, seja fomentando a mineração e apoiando a tomada de decisão dos investidores privados, seja subsidiando a formulação de políticas públicas.

**Cassiano de Souza Alves**  
Diretor-Presidente (interino)

**Márcio José Remédio**  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

## RESUMO

---

A busca por fertilizantes alternativos na Região Norte do país é fundamental devido ao alto custo logístico da região, que dificulta a agricultura familiar e também gera impacto no desenvolvimento do agronegócio, em especial nos estados de Roraima e Amazonas. Em 2019, o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) iniciou o *Projeto Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus - Boa Vista*, que objetivou mensurar o potencial agromineral ao longo da BR 174. Além da avaliação de rochas em unidades geológicas com potencial agromineral, a pesquisa teve foco nas pedreiras de agregados para construção civil, onde a rocha cominuída já representa um ativo mineral e é, por vezes, subaproveitada. Nas amostras coletadas, em lavras e afloramentos, foram realizadas análises litoquímicas e petrográficas/mineralógicas, a partir das quais foi possível avaliar seu potencial agromineral. Devido à logística da pesquisa, a área foi subdividida em dois blocos regionais (Manaus e Boa Vista), onde foram coletadas amostras em 10 pedreiras para construção civil. A análise de dados permitiu destacar materiais com SB (soma de base) adequada, quartzo <25%, sem restrição para EPT (elementos potencialmente tóxicos), teores significativos de K, além de micronutrientes. No Bloco Manaus, na Pedreira da EBAM, destacam-se os finos de quartzo monzonitos do Suíte Água Branca, em granulometria < 30mm (“bica corrida”) e granulometria < 5mm (finos de britagem), que somavam, em abril 2019, um volume de aproximadamente 225.000 m<sup>3</sup>. Nessa pedreira, as análises das rochas e dos finos produzidos apresentaram pouco quartzo (aprox. 15%), SB adequada (9,4% no pó de brita), e teores significativos de K<sub>2</sub>O (3,5% no pó de brita). Embora a *Pedreira Samaúma* - Bloco Manaus tenha se mostrado interessante por processar rochas vulcânicas ácidas (riolitos) do Grupo Iricoumé, devido a sua textura afanítica e teores de K<sub>2</sub>O (média de 5,3% no pó de brita), as rochas não atendem a IN 05/2016 do MAPA, já que a SB fica em torno de 6%. No Bloco Boa Vista, a *Pedreira do Roxinho* lavra uma rocha ornamental charnockítica (mangerito) com feldspato com feições de alteração (mesopertita e plagioclásio) e minerais ferromagnesianos, apresentando SB de 9%, quartzo abaixo de 10% e teores de K<sub>2</sub>O de 5,5%. O principal ativo no bloco são os derrames de basaltos da Formação Apoteri, rochas que representam fontes de multinutrientes como Mg, Ca, Fe e Si, e que contam com uma lavra de grande porte nos arredores da capital Boa Vista - RR. Outros materiais também mostram-se interessantes para a região, embora apresentem alguns obstáculos, seja pela logística (mangeritos da *Pedreira do Roxinho*), por atender parcialmente a IN 05/2016 (riolitos da Pedreira Samaúma e rochas do Grupo Surumu), ou pela inexistência de lavras associadas a algumas Unidades de Interesse Agromineral (UIA) (Corpo Estrela do Norte, Corpo do Anortosito Repartimento, Corpo Gabro Taxista e rochas associadas ao Corpo Diabásio Avanavero e à Suíte Intrusiva Apiaú). Os resultados da pesquisa apontam que muitas rochas atendem aos critérios químico-mineralógicos da IN 05/2016 do MAPA e são recomendadas para a realização de ensaios agronômicos.

## ABSTRACT

---

*The search for alternative fertilizers in the north of the Brazil is fundamental, due to the high logistical cost of the region, which makes family farming difficult and has an impact on the development of agribusiness, especially in the states of Roraima and Amazonas. In 2019, the Geological Survey of Brazil - SGB-CPRM started the Project Assessment of Agromineral Potential of Brazil: Manaus - Boa Vista Axis, which aimed to measure the agromineral potential along the BR 174 road. In addition to the evaluation of rocks in geological units with agromineral potential, the research focused on the aggregates quarries for civil construction, where the comminuted rock is already a mineral asset, and is sometimes underutilized. In the samples collected in mines and outcrops, lithochemical and petrographic/mineralogical analyzes were performed, from which it was possible to assess their agromineral potential. Due to the research logistics, the area was subdivided into two regional blocks (Manaus and Boa Vista), where samples were collected in 10 quarries for civil construction. Data analysis allowed to highlight materials with adequate SB (base sum), quartz < 25%, without restriction for EPT (potentially toxic elements), significant K contents, in addition to micronutrients. In the Manaus Block, at EBAM's Quarry, the fines of quartz monzonites of the Água Branca Suite stand out, with a particle size < 30 mm ("run tap") and a particle size < 5 mm (crushing fines), which in April 2019 totaled one volume of approximately 225,000 m<sup>3</sup>. In this quarry, the analyzes of the rocks and the fines produced showed little quartz (approx. 15%), adequate SB (9.4% in the crushed stone dust), and significant contents of K<sub>2</sub>O (3.5% in the crushed stone dust). Although the Samaúma Quarry - Manaus Block has shown itself to be interesting for processing acidic volcanic rocks (rhyolites) from the Iricoumé Group, due to its aphanitic texture and K<sub>2</sub>O contents (average of 5.3% in crushed stone dust), these rocks do not meet the requirements of IN 05/2016 of MAPA, since the SB is around 6%. In the Boa Vista Block, the Roxinho Quarry explore a charnockitic ornamental rock (mangerite) with feldspar with alteration features (mesopertite and plagioclase) and ferromagnesian minerals presenting SB of 9%, quartz < 10% and K<sub>2</sub>O contents of 5.5%. The main asset in the block is the basalt flows of the Apoteri Formation, rocks that represent sources of multinutrients such as Mg, Ca, Fe and Si, and which have a large-scale mine on the outskirts of Boa Vista, capital of Roraima. Other materials are also interesting for the region, although they present some obstacles, either due to logistics (mangerites from Roxinho Quarry), partially complying with IN 05/2016 (rhyolites from Samaúma Quarry and rocks from the Surumu Group), or the lack of mines associated with some Units of Agromineral Interest - UIA (North Star Body, Repartimento Anorthosite Body, Taxist Gabbro Body and rocks associated with the Avanavero Magmatism and the Apiaú Alkaline Complex). The results show that many rocks meet the chemical-mineralogical criteria of IN 05/2016 of MAPA and are recommended for carrying out agronomic tests.*

# AGRADECIMENTOS

---

A equipe executora do projeto agradece aos geólogos Paulo Roberto Santos Lopes e Antonio Charles Silva Oliveira, do SGB-CPRM/MA, pela elaboração do contexto geotectônico da área, às geólogas Andrea Sanders e Magda Bergmann, do SGB-CPRM/PA, e Cristina Burgos, do SGB-CPRM/SA, pelo auxílio com as descrições petrográficas das rochas do projeto. Aos geólogos Raul Meloni, Túlio Mendes e Paulo Lopes, do SGB-CPRM/MA, pelo apoio técnico nas campanhas e por, gentilmente, ter cedido importantes amostras e informações de campo sobre as rochas vulcânicas da Hidrelétrica do Jatapu. Ao geólogo Peter Van Straaten, da Universidade de Guelph, no Canadá, pelo treinamento ministrado à equipe e suporte prestado.

Esse trabalho também não seria possível sem a presteza e o acolhimento das empresas de mineração visitadas, que receberam a equipe e cederam amostras e informações importantes para a compreensão dos processos produtivos em suas unidades. Fica aqui o agradecimento às empresas visitadas na pessoa de seus representantes:

- Pedreira da Empresa Brasileira de Agregados Minerais (EBAM)
  - Sr. Ângelo (Diretor) e Jeremias Queiroga (Coordenador de Produção)
- Pedreira Mercês
  - Sr. Alceni Brito (Encarregado da Unidade)
- Pedreira Samaúma
  - Sr. Bento Marcelino de Oliveira (Encarregado de Produção)
- Pedreira Granada Mineração
  - Sr. João Batista (Gerente Administrativo)
- Pedreira Pedra Norte
  - Sr. Luís Henrique (Gerente)



# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1. LOCALIZAÇÃO E LOGÍSTICA.....	12
1.2. METODOLOGIA.....	13
1.2.1. Análise bibliográfica e preparação de campo .....	13
1.2.2. Análises litoquímicas .....	14
1.2.3. Análises petrográficas .....	14
1.2.4. Análises por difratometria de raios X.....	14
1.2.5. Análise granulométrica .....	14
1.2.6. Análise por microscopia eletrônica de varredura .....	15
<b>2. NORMAS LEGAIS PARA FERTILIZANTES VIGENTES NO BRASIL .....</b>	<b>16</b>
2.1. LEGISLAÇÃO DOS FERTILIZANTES E NORMAS PARA INSUMOS AGRÍCOLAS VIGENTES NO BRASIL .....	16
2.1.1. Instrução normativa para remineralizadores de solos - IN 05/2016 .....	17
2.1.2. Instrução normativa para fertilizantes minerais - IN 39/2018 .....	18
2.1.3. Instrução normativa para fertilizantes orgânicos - IN 61/2020 .....	19
2.1.4. Instrução normativa para corretivos - IN 35/2006 (com alteração em análise na Coordenação de Fertilizantes, Inoculantes e Corretivos - CFIC).....	19
2.1.5. Instrução normativa para inoculantes - IN 13/2011 (em estudo para alteração na CFIC) .....	20
2.1.6. Instrução normativa para contaminantes - IN 27/2006 .....	20
2.1.7. Instrução normativa para classificação e registro, credenciamento de instituições e requisitos para avaliação agronômica – IN 53/2013 .....	21
2.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA INSUMOS AGRÍCOLAS..	23
<b>3. CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....</b>	<b>25</b>
<b>4. UNIDADES DE INTERESSE AGROMINERAL E PROSPECTOS AVALIADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. SUÍTE ÁGUA BRANCA E PROSPECTO VISITADO .....	29
4.1.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	32
4.2. FORMAÇÃO APOTERI E PROSPECTOS VISITADOS .....	35
4.2.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	38
4.3. GRUPO IRICOUMÉ E PROSPECTOS VISITADOS .....	42
4.3.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	45
4.4. GRUPO SURUMU .....	47
4.4.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	47
4.5. SUÍTE MUCAJAI E PROSPECTOS VISITADOS .....	49
4.5.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	50
4.6. CORPO ESTRELA DO NORTE .....	51
4.6.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	51
4.7. CORPO ANORTOSITO REPARTIMENTO .....	51
4.7.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral .....	54
4.8. CORPO GABRO TAXISTA.....	54

4.8.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	54
4.9. CORPO DIABÁSIO AVANAVERO.....	55
4.9.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	55
4.10. SUÍTE INTRUSIVA APIAÚ.....	55
4.10.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral.....	55
4.11. GRANULOMETRIA, DOSAGEM E REATIVIDADE.....	56
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

# 1. INTRODUÇÃO

---

O Brasil ocupa importante posição de liderança na produção mundial de grãos, cana-de-açúcar, produtos florestais e biocombustíveis, assim como na exportação de produtos pecuários, mas continua altamente dependente da importação de matérias-primas para a formulação de fertilizantes utilizados no processo produtivo.

A agricultura nos estados de Roraima e Amazonas ainda apresenta números muito modestos no cenário da economia nacional, entretanto o panorama tem mudado nos últimos anos com um maior desenvolvimento no setor, principalmente no estado de Roraima. Segundo declarações recentes, para 2021 há uma estimativa de crescimento de 33% da área de plantio no estado (disponível em: folhabv.com.br, 2021). A produção brasileira de arroz, milho, soja, café e cana-de-açúcar, somada em maio de 2021, foi de 902.148.090 toneladas. Destas, 15.373.795 t são da Região Norte, das quais o estado do Amazonas contribuiu com 258.127 t (majoritariamente cana-de-açúcar) e o estado de Roraima com 159.554 t (com maior expressividade na produção de arroz e soja) (IBGE, 2021).

Entre os problemas enfrentados pelo setor agrícola na região, destacam-se a limitada infraestrutura de escoamento de bens e produtos e a carência de insumos agrícolas, que torna os dois estados completamente dependentes do aporte de fertilizantes das demais regiões do país ou mesmo do exterior, representando uma das causas do menor desempenho da agricultura regional. A região tem a limitação legal das reservas indígenas, áreas de proteção ambiental, florestas nacionais, áreas militares, etc, que restringem mais de 50% dos territórios estaduais do Amazonas e de Roraima. Uma alternativa plausível à utilização de fertilizantes e corretivos de solos na região se descortina com a regulamentação do uso de rochas como fertilizantes. Os remineralizadores de solo (pó de rocha) foram introduzidos como uma categoria de insumo agrícola no Brasil pela Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013, e as especificações dos materiais a serem utilizados foram consolidadas na instrução normativa IN MAPA 05/2016 (BRASIL, 2016).

O estudo de materiais como remineralizadores de solo tem sido objeto de diversos trabalhos no Brasil, na técnica conhecida como “rochagem” (LEONARDOS & THEODORO, 1999; CARVALHO, 2012). O SGB-CPRM vem desenvolvendo trabalhos com foco em materiais provenientes de descartes da cadeia mineral (BLASKOWSKI *et al.*, 2016), e diversas outras pesquisas promoveram,

na última década, a caracterização e testes agronômicos de rochas para emprego em agricultura (BAMBERG *et al.*, 2011; GRECCO *et al.*, 2013). Mediante estudos mineralógicos, petrográficos e de litoquímica, os autores avaliam o potencial agromineral e recomendam para uso agronômico diversas rochas e descartes de mineração como fontes de nutrientes como K, Ca, Mg, P, e, também, corretivos de solos.

É importante considerar que o estado de Roraima já conta com um trabalho do SGB-CPRM pioneiro nesta temática, no qual foi feito um levantamento de vários materiais com potencial para técnicas de rochagem (BERGMANN & HOLANDA, 2014), muito dos quais detalhados por esta pesquisa. Nesse sentido, a caracterização de rochas para fins de uso agrícola, com foco em aproveitamento de descartes de lavra, pode diminuir o passivo ambiental gerado na região por algumas pedreiras nos estados do Amazonas e Roraima, além de ser uma prática ecologicamente correta para o condicionamento físico-químico de solos exauridos pelo intemperismo ou pelo cultivo.

Segundo Van Straaten (2007), a técnica da remineralização de solos visa devolver ao solo, pela adição de rochas cominuídas, minerais que são reativos e podem fornecer nutrientes para as plantas. De forma particular, solos tropicais evoluídos como os da região são comumente empobrecidos devido à intensa lixiviação, e tornam-se predominantemente ácidos, apresentando baixa capacidade de troca catiônica. As técnicas de remineralização e condicionamento de solos, com uso de rochas específicas, promovem benefícios duradouros, melhorando a estrutura e características físico-químicas e potencializando naturalmente a fertilidade.

A prospecção de rochas próprias para emprego na nova rota tecnológica deve considerar recursos disponíveis regionalmente, sendo uma forma de diminuir os custos da produção agrícola, além de promover a mitigação de passivos ambientais. Essa é uma ação perfeitamente compatível com o SGB-CPRM, dentro da sua especialidade e da sua missão.

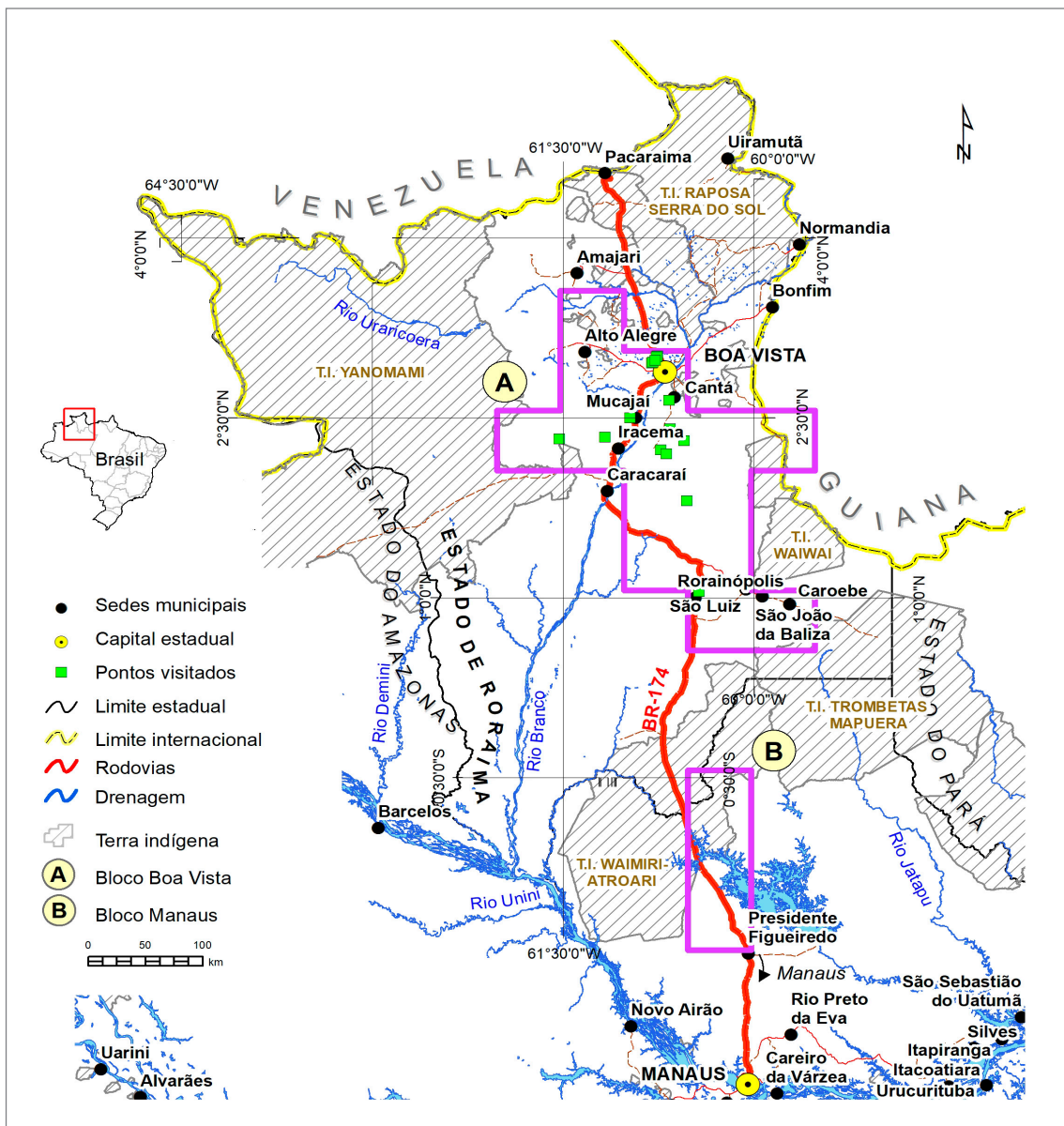
Este trabalho integra o projeto Avaliação do Potencial de Agrominerais no Brasil, que tem por objetivo o levantamento e avaliação de fontes de minerais e rochas para emprego na técnica de remineralização e condicionamento de solos em todo o território nacional, com ênfase em materiais disponíveis em pilhas de descartes de mineração.

O projeto Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus - Boa Vista caracterizou química e mineralogicamente diversas rochas de unidades geológicas selecionadas (Unidades de Interesse Agromineral - UIA). O principal enfoque foi a caracterização de materiais de descarte das pedreiras de brita para construção civil e para produção de rochas ornamentais, cujos finos de britagem ou de serralheria podem se constituir em remineralizadores de solos. Vários desses materiais podem obter o registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e representam fontes alternativas de insumo para a agricultura da região. Espera-se que a disponibilidade dessas novas fontes de fertilizantes leve ao aumento de produção das áreas agrícolas já implantadas, e possa complementar ou mesmo substituir o uso dos fertilizantes solúveis

industrializados convencionais, diminuindo custos e a dependência de insumos agrícolas dos dois.

### 1.1. LOCALIZAÇÃO E LOGÍSTICA

A área do projeto abrange a BR-174 no trecho que liga Manaus a Boa Vista e suas adjacências, com ênfase nos empreendimentos minerários e depósitos de rochas em locais de mais fácil acesso. Também foi considerada a proximidade das regiões agricultáveis, com o objetivo de facilitar a logística de distribuição dos pós de rocha aos consumidores finais e aos agricultores. Devido à grande distância entre as duas capitais e as limitações de logísticas e de cartografia geológica, o projeto foi subdividido em dois blocos: Bloco Manaus e Bloco Boa Vista (Figura 1.1), para viabilizar a condução do trabalho.



**Figura 1.1** - Mapa de localização da região do projeto Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus - Boa Vista e subdivisão da área em Bloco Manaus (inferior) e Bloco Boa Vista (superior).

**Bloco Manaus:** A cidade de Presidente Figueiredo (AM) está a 125 km a norte de Manaus e, a norte dessa no mesmo município, estão os quatro primeiros empreendimentos visitados. Na margem oeste da BR-174, 27 km a norte do centro do município de Presidente Figueiredo, situa-se a Pedreira EBAM. Continuando por 18 km a norte, na margem oeste da BR-174, encontra-se a Pedreira Mercês. Para chegar à Pedreira Samaúma, segue-se por mais 14 km a norte até o ramal do Novo Rumo, situado na margem leste da BR. Seguindo pela BR-174 por mais 37 km para o norte, também na margem leste, está a Pedreira Santa Fé. A partir deste empreendimento, seguindo por mais 43 km, chega-se ao limite sul da Reserva Indígena Waimiri Atroari, que ocupa um trecho de 121 km da BR-174, até uma localidade conhecida como Posto Jundiá.

**Bloco Boa Vista:** A norte da Reserva Indígena Waimiri Atroari está a cidade de Rorainópolis - RR onde, 5 km adiante, está a Pedreira Pedra Norte de Rorainópolis. O cruzamento entre a BR-174 e a BR-210 está 28 km à frente e, seguindo para sudeste, chega-se à cidade de Carobe - RR (90 km) e à Usina Hidrelétrica de Jatapu (133 km). Seguindo pela BR-174 por mais 210 km, até o município de Mucajaí - RR, e acessando a Av. Padre Ricardo Silvestre, continuando para oeste por mais 3 km, na margem norte da avenida, está a Pedreira Pedra Norte de Mucajaí. De Mucajaí a Campos Novos são mais 77 km em rodovia, além de mais 30 km por estradas vicinais, na direção sudoeste, chega-se à Pedreira do Roxinho. De Mucajaí a Boa Vista são mais 56 km pela BR-174, 18 km à frente, a margem oeste da BR, está a Pedreira Granada Mineração.

Para acessar os afloramentos do Grupo Surumu, visitados pela equipe, foi necessário seguir em direção à cidade de Uiramutã - RR pela BR-174, saindo de Boa Vista, por 170 km até a localidade de São Marcos, onde tem início uma estrada de terra à leste que leva à Uiramutã, seguindo por 110 km chega-se à área de afloramentos abordada no projeto, 35 km a sul da cidade.

## 1.2. METODOLOGIA

### 1.2.1. Análise bibliográfica e preparação de campo

No final de 2018, foi iniciada a pesquisa bibliográfica a respeito das áreas-alvo, além da elaboração de mapas de campo através da seleção de unidades litoestratigráficas, contendo rochas com potencial agromineral, denominadas Unidades de Interesse Agrogeológico (UIA). A partir da seleção das UIA e adicionadas as demais informações obtidas por esta pesquisa, foram elaborados dois mapas de potencial agromineral do projeto (Anexos I e II), sendo que ambos contemplam áreas cartografadas pelo SGB-CPRM nos últimos anos, em escala 1:100.000:

- Mapa do Potencial Agromineral Eixo Manaus - Boa Vista: Bloco Manaus.
- Mapa do Potencial Agromineral Eixo Manaus - Boa Vista: Bloco Boa Vista.

O levantamento das pedreiras da região e o contato com os responsáveis pelos empreendimentos foram elementos essenciais na fase pré-campo. Decidiu-se visitar prioritariamente as pedreiras, onde as rochas já estão sendo lavradas e beneficiadas, buscando resultados mais aplicáveis. Na Tabela 1.1 estão listadas as lavras ativas visitadas durante o trabalho de campo e as rochas presentes em cada uma.

Dessa forma, na primeira etapa de campo, foram levantadas 25 estações ao longo da BR-174 e adjacências, seis no Amazonas, totalizando quatro pedreiras ativas, uma desativada e um afloramento. Em Roraima, foram dezenove estações, quatro pedreiras ativas, uma desativada e catorze afloramentos. Na segunda etapa, mais dez estações foram abertas em afloramentos da Formação Apoteri, próximo a capital Boa Vista, e no município de Uiramutã - RR, visando principalmente coletar rochas do Grupo Surumu.

**Tabela 1.1** - Lavras em atividade ao longo da BR-174.

PEDREIRAS EM ATIVIDADE NA REGIÃO									
BLOCO MANAUS					BLOCO BOA VISTA				
PEDREIRA	ESTAÇÃO	LAT.; LONG.	LITOLOGIA	UNIDADE	PEDREIRA	ESTAÇÃO	LAT.; LONG.	LITOLOGIA	UNIDADE
Pedreira EBAM	PB-01	-1,83911; -60,1233	quartzo monzonito	Suíte Água Branca	Pedreira do Roxinho	PB-07	2,26345; -61,5082	mangerito	Suíte Mucajaí
Pedreira Mercês	PB-04	-1,69443; -60,1699	microgranito e diabásio	Suíte Mapuera	Pedreira Mucajaí	PB-08	2,43884; -60,9504	gnaisse granítico	Corpo Igarapé Branco
Pedreira Samaúma	PB-05	-1,58534; -60,1568	riolito	Grupo Iricoumé	Pedreira Granada (Antiga BV Mineração)	PB-10	2,95548; -60,7368	basalto	Formação Apoteri
Pedreira Santa Fé	PB-06	-1,30652; -60,3924	granito	Suíte Mapuera	Pedreira Pedra Norte	PB-25	0,990371; -60,4102	granito	Suíte Martins Pereira

Nas pedreiras foram coletadas uma série de amostras (Anexo I) e informações:

- Amostras de rochas das frentes de lavra, sempre levando em consideração e estimando a representatividade (percentual) de cada litotipo.
- Amostras de finos de britagem com cerca de quinhentos gramas para realização de análises litoquímicas, devidamente homogeneizadas e quarteadas.
- Amostras de finos de britagem com aproximadamente cinquenta quilogramas para a realização de testes granulométricos e ensaios agronômicos.

Questionário a fim de levantar informações relevantes ao projeto, como: levantamento de dados de produção mensal, capacidade de maquinário instalada, processo de moagem, volume comercializado nas diferentes frações, aplicações do material, mercado consumidor e volume de descartes, entre outras informações relevantes em cada caso particular.

### 1.2.2. Análises litoquímicas

As análises litoquímicas foram conduzidas no laboratório SGS Geossol Laboratórios Ltda, em rochas e finos de britagem, visando a quantificação de óxidos maiores e elementos-traço, que correspondem a macronutrientes, micronutrientes e/ou elementos potencialmente tóxicos. A litoquímica de rochas visa a avaliação do potencial agromineral dos materiais pesquisados, considerando as normas dos diversos tipos de fertilizantes em que possam ser enquadrados (remineralizadores de solos, fertilizantes simples, novos produtos, entre outros).

Os métodos utilizados foram:

1. Fusão por tetraborato de lítio e leitura por fluorescência de raios – X (FRX), para a obtenção dos óxidos maiores e perda ao fogo, com o objetivo principal de dosar os macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio e fósforo), além de outros elementos de interesse para pesquisa (silício, alumínio, cromo, sódio, manganês e ferro);
2. Análise química para dez elementos traços, com foco em metais-base, através de abertura por quatro ácidos e leitura por ICP-OES/ICP-MS, com o objetivo de definir os teores dos micronutrientes: cobalto, cobre, molibdênio, níquel e zinco, além dos elementos potencialmente tóxicos (EPT): cádmio e chumbo;
3. Análise de nove elementos-traço voláteis com afinidade geoquímica com o ouro (Au), pela digestão por água régia e leitura por ICP-OES/ICP-MS, com o objetivo de definir os teores dos EPT: arsênio e mercúrio;
4. Enxofre total por combustão, leitura por infravermelho em LECO;
5. Análise química para boro (micronutriente), por decomposição de amostra através de fusão, dissolução com solução ácida e leitura por ICP-MS;

6. Análises químicas para cloro (micronutriente) em pastilhas de pó prensado e leitura por fluorescência de raios X (FRX).

### 1.2.3. Análises petrográficas

As análises petrográficas foram confeccionadas a partir de lâminas delgadas no Laboratório LAMIN-MA para a descrição das litologias e caracterização das fases minerais, com foco na identificação de minerais, sua sanidade e feições de alteração e dissolução (Anexo I). As descrições petrográficas mais relevantes também contaram com a contagem modal dos minerais, para tanto, e como parâmetro, foi adotada uma malha regular de 2 em 2 mm, o que permitiu uma contagem de cerca de 250 pontos por lâmina.

### 1.2.4. Análises por difratometria de raios X

Para tentar aprimorar o estudo mineralógico das amostras de rochas vulcânicas onde é difícil definir a assembleia mineral apenas com petrografia, devido ao tamanho diminuto dos cristais em rochas afaníticas, foi utilizada a técnica da difratometria de raios X realizada também no LAMIN-MA (Anexo I).

As análises foram realizadas em difratômetro de raios-X modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da Panalytical, com goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios X cerâmico de anodo de Cu ( $K\alpha_1$  1,5406 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, Pixcel/1D. A aquisição de dados foi feita com o software X'Pert Data Collector, versão 2.1a, e o tratamento dos dados com o software X'Pert HighScore versão 3.0d, também da Panalytical. Foram utilizadas as seguintes condições de análise:

1. Voltage (kV): 40;
2. Current (mA): 40;
3. Scan range ( $^{\circ}2\theta$ ): 5-70 (MA) e 5-50 (RJ);
4. Step size ( $^{\circ}2\theta$ ): 0,02;
5. Scan mode: continuous;
6. Counting time (s): 50;
7. Divergence slit: slit fixed 1/2°;
8. Mask fixed 10mm;
9. Anti-scatter slit name: 5,7 mm.

A identificação dos minerais é feita através da comparação do difratograma obtido com padrões do banco de dados do ICDD-PDF (*International Center for Diffraction Data – Powder Diffraction File*) (LAMIN-MA - SGB, 2019).

### 1.2.5. Análise granulométrica

Nas pedreiras onde a composição da rocha apresentou potencial para uso agronômico, foram coletados finos de britagem, e nas amostras foram definidos percentuais de intervalos granulométricos.

Para isso, foi realizado no LAMIN-MA um peneiramento sequencial em peneiras de 4, 2, 1, 0,7, 0,5, 0,35, 0,25, 0,125 e 0,063 mm. Por fim, com o auxílio do Excel, foi feito um tratamento estatístico para ajustar esses dados às frações granulométricas postuladas pela norma, utilizando-se equações polinomiais.

#### **1.2.6. Análise por microscopia eletrônica de varredura**

A análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi feita em um microscópio modelo LS15, da Zeiss, no Laboratório de Análise Mineral da Superintendência Regional de Belém (LAMIN-BE) do SGB-CPRM (Anexo I). O material foi analisado ou imageado usando filamento de tungstênio no modo de alto vácuo (< 3,0 10<sup>-5</sup> mPa). As lâminas delgadas polidas das rochas selecionadas para esta análise (quartzo monzonito e basalto) foram cobertas por uma película de cromo de 20 µm de espessura, usando uma metalizadora em alto vácuo. As imagens de elétron retroespalhado (*Backscattered Eletron* - BSE) dos minerais e texturas

do quartzo monzonito e do basalto foram obtidas com voltagem de aceleração de 20 kV, corrente de chegada entre 100 e 120 pA, com distância de trabalho de 8,5 mm e ampliações entre 60 e 2500 vezes. As análises da composição química dos minerais ocorreram por espectrometria por dispersão de energia (*Energy Dispersive Spectrometry* – EDS) de raios X em um detector X-Act SSD 10 mm<sup>2</sup>, da Oxford Instruments. Os resultados analíticos foram adquiridos a uma distância de trabalho de 8,5mm, com voltagem de 20 kV e corrente de chegada de 700 pA a 4,2 nA, para manter uma taxa de contagem de saída de cerca de 2000 cps, tanto nas análises pontuais quanto nos perfis de elementos. Os resultados obtidos foram padronizados por espectros de energia de padrões do programa AZTec da Oxford Instruments. No tratamento, os resultados com desvio-padrão acima de 10 % da concentração do elemento foram descartados do cálculo da composição dos minerais. A classificação dos minerais foi feita com consulta dos percentuais dos elementos e fórmulas minerais no *Mineralogy Database* (disponível em: <http://webmineral.com/>), (LAMIN-BE - SGB, 2021).

## 2. NORMAS LEGAIS PARA FERTILIZANTES VIGENTES NO BRASIL

A fertilização de solos no Brasil e no mundo utiliza-se de materiais geológicos principalmente para a produção de fertilizantes convencionais com alta solubilidade, que são fabricados por meio de diferentes formulações de nitrogênio, fósforo e potássio, para produzir o produto conhecido como NPK. Ao longo dos últimos anos, o Brasil tem aumentado o consumo e importação desse tipo de insumo, além de enfrentar uma redução nos índices de produção interna dos mesmos. Entretanto, rochas e minerais cominuídos (pós de rocha) também já vêm sendo utilizados para a fertilização e condicionamento de solos pela prática conhecida como remineralização de solos ou rochagem, técnica que conta com ampla pesquisa no Brasil e no mundo.

No Brasil, a utilização de rochas carbonáticas moídas em solos para correção de acidez (calagem) já vem sendo aplicada desde o final da década de 1960 (WIETHÖLTER S., 2000). Entretanto, há alguns anos, o uso de outros tipos de rochas com potencial para fornecer macro e micronutrientes, além de melhorar o condicionamento de solos, também vem sendo utilizado por produtores agrícolas, principalmente na agricultura familiar. Essa prática, associada à alta demanda por insumos agrícolas no país, mostrou a necessidade de uma modernização da legislação para fertilizantes no Brasil. É importante considerar que os processos de certificação devem acontecer com agilidade para atender a demanda do setor e a fiscalização é necessária para coibir a utilização de produtos não certificados, o que já ocorre em algumas regiões.

A ampla geodiversidade brasileira proporciona uma grande quantidade de rochas e minerais com potencial para uso como insumo agrícola. Além disso, o país também conta com uma exploração mineral de larga escala, responsável por gerar enormes quantidades de descartes (minerais, rochas e pastas de tratamento de minérios), que também podem apresentar potencial de uso agrícola. Para o setor da mineração, além da redução do passivo ambiental há a possibilidade de aditar mais um produto economicamente explorável, agregando renda à exploração mineral.

O Brasil tem na agricultura uma das mais importantes bases econômicas, com grande vocação e produtividade agrícola, por isso tem necessidade equivalente de insumos para a produção de fertilizantes.

Tendo em vista esse panorama, é fundamental para o país ampliar suas pesquisas voltadas para insumos agrícolas, tanto para produção dos fertilizantes convencionais (NPK e outras formulações) como para fertilizantes alternativos.

### 2.1. LEGISLAÇÃO DOS FERTILIZANTES E NORMAS PARA INSUMOS AGRÍCOLAS VIGENTES NO BRASIL

A legislação para insumos agrícolas no Brasil foi implantada nos anos 80, e vem passando por diversas atualizações. Segundo a Lei 6.894 (BRASIL, 1980), fertilizante é toda a substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes das plantas. Os fertilizantes podem ser classificados como:

- Simples: fornecem um ou mais nutrientes primários;
- Mistos: formados por dois ou mais fertilizantes simples;
- Orgânicos: de origem animal ou vegetal;
- Organominerais: combinação de fertilizantes minerais e orgânicos;
- Orgânicos compostos: obtidos por processos químicos, físicos e biológicos;
- Minerais complexos: dois ou mais nutrientes formando compostos químicos.

Nos últimos Anos a legislação incluiu os remineralizadores de solos (pós de rocha) como um produto na categoria dos fertilizantes. A adição do novo insumo ocorreu com a alteração da Lei 6.894 (lei dos fertilizantes) pela Lei 12.890 (BRASIL, 2013a).

A legislação dos fertilizantes é amparada pelo Decreto nº 4.954 (BRASIL, 2004), que aprova o regulamento da Lei nº 6.894, posteriormente alterado pelo Decreto nº 8.059 (BRASIL, 2013b) e pelo Decreto nº 8.384 (BRASIL, 2014), que define o conceito de remineralizadores. Essa legislação, juntamente com várias instruções normativas do Ministério da Agricultura (MAPA), dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para as plantas. Os materiais silicáticos oriundos de rochas e minerais podem ser registrados de modos diversos no MAPA, sendo o mais usual para os “pós de rocha” realizado a partir da instrução normativa para remineralizadores de solos IN 05/2016 (BRASIL 2016a).



Outros materiais provenientes de rochas silicáticas, que não são assimilados pela norma de remineralizadores, mas que apresentem eficiência agrônômica comprovada, que estejam livres de contaminantes e que sejam considerados seguros para uso agrícola podem, ainda, ser comercializados de outras formas, como:

- Através de registro como Fertilizante Mineral Simples pela norma de Fertilizantes Minerais IN 39/2018 (BRASIL, 2018);
- Através de permissão de comércio como Material Secundário (Decreto 4.954 de 2004 com alterações do Decreto 8.384 de 2014, BRASIL 2004 e 2014), a exemplo de alguns materiais, provenientes da mineração ou da indústria minero-metalúrgica, que podem configurar aproveitamento de subprodutos;
- Através de permissão de comércio como Produto Novo (Decreto 4.954 de 2004 com alterações do Decreto 8.384 de 2014, BRASIL 2004 e 2014), que são materiais cujas especificações técnicas não estão previstas nas disposições vigentes, mas que devem ser previstos perante pesquisas científicas em instituições de referência aprovadas pelo MAPA.

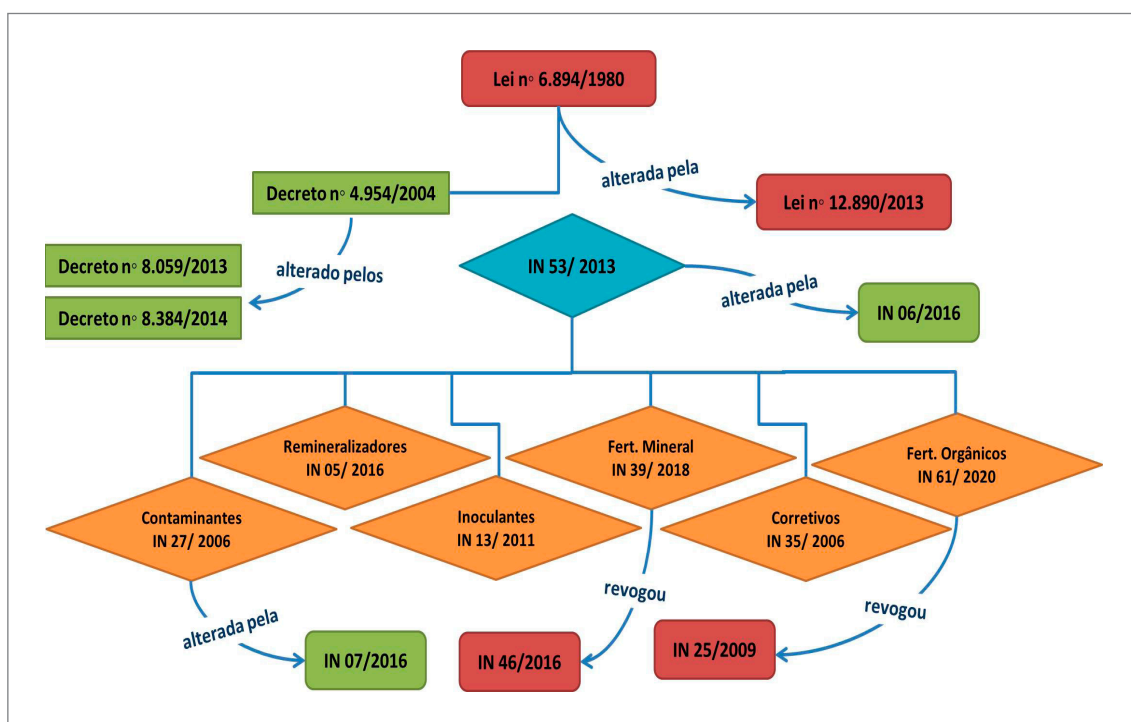
As principais normas para legislação agrícola no Brasil estabelecidas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), bem como, suas alterações mais recentes estão expostas no organograma da Figura 2.1.

A seguir, segue um levantamento com um resumo dos principais critérios das normas publicadas pelo MAPA, utilizadas para agrominerais.

### 2.1.1. Instrução normativa para remineralizadores de solos - IN 05/2016

Com a alteração proposta pela Lei 12.890, os remineralizadores de solos trazem a proposta de uma nova rota tecnológica que complementa ou abre alternativas ao uso dos fertilizantes solúveis. A lei é amparada pelo Decreto 8.384, de 29 de dezembro de 2014, que define remineralizadores de solos como “Material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere os seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo”. Essa alteração da lei dos fertilizantes foi o primeiro passo na direção de uma legislação específica para possibilitar o uso de rochas como remineralizadores.

O decreto foi consolidado pelas instruções normativas IN 05/2016 e IN 06/2016 - MAPA (BRASIL, 2016 a e b), na qual o MAPA dispõe as especificações, garantias mínimas e tolerâncias para os produtos considerados remineralizadores de solos, estabelecendo assim os parâmetros e formas de apresentação comercial dos novos produtos.



**Figura 2.1** - Organograma com as principais atualizações da legislação para fertilizantes no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Os principais critérios estabelecidos pela IN 05/2016 são descritos a seguir:

1. A “Soma de Bases” (CaO+MgO+K<sub>2</sub>O) deve ser ≥9% em peso/peso com tolerância para menos de até 10% deste valor ou até 1,5 unidades, prevalecendo o que for menor. A presença de no mínimo 1% peso/peso de K<sub>2</sub>O é obrigatória;
2. Para que o macronutriente fósforo e também uma série de micronutrientes possam ser listados nos rótulos dos produtos, a instrução normativa exige valores mínimos (Tabela 2.1). A tolerância nesse caso é de até 25% para menos;
3. O conteúdo de SiO<sub>2</sub> livre (quartzo) deve ser, obrigatoriamente, inferior a 25% em volume do produto, com tolerância de até 20% a mais sobre este percentual;
4. Os teores de elementos potencialmente tóxicos (EPT) no produto devem ser inferiores aos valores normatizados (arsênio - 15 ppm, cádmio - 10 ppm, mercúrio - 0,1ppm, e chumbo - 200 ppm), com tolerância para excesso em até 25% do valor limite;
5. O potencial hidrogeniônico (pH) de abrasão será declarado pelo registrante. O valor terá tolerância de ±1.

Em relação à classificação da natureza física, os remineralizadores podem ser classificados de acordo com sua granulometria, conforme Tabela 2.2.

### 2.1.2. Instrução normativa para fertilizantes minerais - IN 39/2018

A norma IN 39/2018 - MAPA (BRASIL, 2018), que revogou a IN 46/2016 - MAPA (BRASIL, 2016c), regula as regras para definições, inspeção, comercialização e demais parâmetros para fertilizantes minerais, tendo as principais indicações:

1. Em relação à natureza física, a classificação dos fertilizantes minerais pode ser definida em: sólidos (granulado, microgranulado, pó, farelado, pastilha) ou fluidos (solução, suspensão e suspensão concentrada);
2. Em relação à forma química dos nutrientes, os fertilizantes podem ser classificados como macronutrientes primários (N, P e K<sub>2</sub>O), macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si e Zn);
3. Existem valores mínimos tabelados para macronutrientes primários, conforme Tabela 2.3;
4. Para os macronutrientes secundários (Ca, Mg e S), as garantias não podem ser inferiores a 1% para cada declarado, podendo ser expressos com até uma casa decimal;
5. Existem teores declaráveis para os micronutrientes em fertilizantes minerais que estão relacionados aos principais nutrientes declarados no produto, conforme a Tabela 2.4, e são diferenciados em:

- Fertilizantes mistos ou complexos que contenham apenas micronutrientes ou micro e macronutrientes secundários, para uso direto no solo ou em misturas com outros fertilizantes;
- Fertilizantes mistos ou complexos que contenham mononutrientes, binários ou ternários com micronutrientes ou com micro e macronutrientes secundários para aplicação via solo, fertirrigação ou via foliar e para as misturas exclusivas de micronutrientes e destes com macronutrientes secundários (aplicação via foliar e fertirrigação).

**Tabela 2.1** - Teores mínimos que podem ser declarados do macronutriente fósforo e de micronutrientes, segundo o Anexo I da IN MAPA 05/2016, para remineralizadores de solos e substratos para as plantas (BRASIL, 2016a).

ELEMENTO	TEOR MÍNIMO (% EM PESO/PESO)
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,0%
Boro (B)	0,03
Cloro (Cl)	0,1
Cobalto (Co)	0,005
Cobre (Cu)	0,05
Ferro (Fe)	0,1
Manganês (Mn)	0,1
Molibidênio (Mo)	0,005
Níquel (Ni)	0,005
Selênio (Se)	0,03
Silício (Si)	0,05
Zinco (Zn)	0,1

**Tabela 2.2** - Classificação quanto à natureza física, segundo o Anexo I da IN 05/2016, para remineralizadores de solos e substratos para as plantas destinados à agricultura (BRASIL, 2016a).

ESPECIFICAÇÃO DA NATUREZA FÍSICA	GARANTIA GRANULOMÉTRICA	
	Peneira	Partículas passantes (peso/peso)
Filler	0,3 mm (ABNT nº 50)	100%
Pó	2,0 mm (ABNT nº 10)	100%
	0,84 mm (ABNT nº 20)	70% mínimo
	0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo
Farelado	4,8 mm (ABNT nº 4)	100%
	2,8 mm (ABNT nº 7)	80% mínimo
	0,84 mm (ABNT nº 20)	25% mínimo

**Tabela 2.3** - Teores mínimos dos macronutrientes primários, segundo a IN 39/2018, para fertilizantes minerais, destinados à agricultura (BRASIL, 2018).

TIPO DE FERTILIZANTE	TEOR MÍNIMO SOMA E MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS (% EM PESO/PESO)
Ternário (NPK)	18%
Binário (Np, KK,PK)	15%

**Tabela 2.4** - Teores mínimos declaráveis para micronutrientes, em fertilizantes mistos ou complexos, que contenham micronutrientes ou micro e macronutrientes secundários, e para fertilizantes mistos ou complexos que contenham mononutrientes, binários ou ternários, segundo a IN 39/2018, para fertilizantes minerais, destinados à agricultura (BRASIL, 2018).

ELEMENTO	TEOR MÍNIMO MICRO E MACRO SECUNDÁRIOS*A (% EM PESO/PESO)	TEOR MÍNIMO MONONUTRIENTES, BINÁRIOS OU TERNÁRIOS*B (% EM PESO/PESO)
Boro (B)	0,2%	0,01%
Cloro (Cl)	0,5%	0,1%
Cobalto (Co)	0,05%	0,005%
Cobre (Cu)	0,2%	0,02%
Ferro (Fe)	0,2%	0,02%
Manganês (Mn)	0,2%	0,02%
Molibidênio (Mo)	0,05%	0,005%
Níquel (Ni)	0,05%	0,005%
Selênio (Se)	0,03%	0,003%
Silício (Si)	0,5%	0,05%
Zinco (Zn)	0,5%	0,1%

### 2.1.3. Instrução normativa para fertilizantes orgânicos - IN 61/2020

A normativa IN 61/2020 - MAPA (BRASIL, 2020), que revogou a IN 25/2009 - MAPA (BRASIL, 2009), estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos (simples, mistos, compostos e organominerais) e dos biofertilizantes.

Quanto à classificação, é dividida em duas classes de acordo com a origem da matéria-prima, desde que resulte em produto de utilização segura na agricultura:

**Classe "A"** – Produto de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuais, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários.

**Classe "B"** – Produtos gerados nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e de agroindustriais, contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários.

Na Tabela 2.5 são expressos os critérios da norma quanto aos teores mínimos de carbono e outras exigências, relacionados aos fertilizantes orgânicos simples sólidos.

### 2.1.4. Instrução normativa para corretivos - IN 35/2006 (com alteração em análise na Coordenação de Fertilizantes, Inoculantes e Corretivos - CFIC)

A normativa IN35/2006 - MAPA (BRASIL, 2006a), estabelece especificações e garantias, tolerâncias, registro e demais parâmetros para corretivos de acidez, alcalinidade, sodicidade e dos condicionadores de solos. Na categoria estão incluídas as rochas carbonáticas amplamente utilizadas no Brasil para correção da acidez dos solos acidificados (calagem), através do equilíbrio de pH (em torno de 6,0 a 6,8 %).

A norma está com alteração sendo avaliada CFIC, sendo seus principais critérios em vigência expressos a seguir:

1. Em relação à natureza física, estes produtos terão natureza sólida em pó, constituindo por partículas passantes em peneira (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), com malhas determinadas de acordo com o estabelecido na Norma 25/2006, sendo denominados como pó, ultrafino ou *filler*;
2. Para os corretivos de Acidez, existem valores mínimos para o poder de neutralização (PN), para o poder de neutralização total (PRNT) e para a soma de óxidos (CaO + MgO), conforme demonstrado na Tabela 2.6;
3. Para calcular o PRNT (parâmetro de avaliação de um corretivo), utiliza-se a expressão  $PRNT = PN \times RE / (100)$ , na qual o PN é determinado de acordo com a capacidade total de neutralização do produto, equivalente ao carbonato de cálcio puro (%ECaCO<sub>3</sub>), e a reatividade (RE) é determinada em percentual (%), de acordo com a reação no solo ao longo de 3 meses, propriedade que está relacionada à granulometria;
4. Os corretivos de alcalinidade podem ser dos tipos: enxofre (95% de S) oriundo de depósitos naturais; e borra de enxofre (50% de S) oriunda da produção de ácido sulfúrico (resíduo classe II) e; demais produtos, desde que atendido o valor mínimo de 100 para equivalente ácido;
5. Os corretivos de sodicidade podem ser do tipo sulfato de cálcio (com teores mínimos de 16%Ca, 22%CaO e 13%S), oriundo da produção de ácido fosfórico ou beneficiamento de gipsita (exceto CaSO<sub>4</sub> sem características de correção), e demais produtos com características de correção de sodicidade;

**Tabela 2.5** - Teores mínimos de nutrientes e outras garantias para fertilizantes orgânicos simples sólidos, segundo a IN 61/2020, para fertilizantes orgânicos e biofertilizantes (BRASIL, 2020).

ORGÂNICO SIMPLES PROCESSADO	UMIDIDADE (% MÁX)	PH	C (% MÍN)	Nº TOTAL (% MÍN)	CTC (% MÍN)	CTC/C (% MÍN)
Húmus de minhoca	50	36	10	0,5		
Estercos e camas	40	Conforme Declarado	20	1	Conforme Declarado	
Tortas e farelos vegetais			35	5		
Turfa			15	0,5		
Linhita			20	0,5		
Leonardita			25	0,5		
Vinhaça			3	-		
Parâmetros de referência para outros fertilizantes orgânicos simples			15	0,5		

**Notas:**

- Os valores de umidade, pH, CTC e CTC/C não constarão no certificado de registro de produto, contudo, devem também ser declarados no rótulo, nota fiscal e documento auxiliar da nota fiscal eletrônica;
- Valores de carbono orgânico (C) e capacidade de troca catiônica (CTC) expressos em base seca;
- Valor de nitrogênio (N) deve se referir ao produto tal qual comercializado.

6. Os condicionadores de solos serão classificados de acordo com a matéria prima: Classe A (origem vegetal, animal ou da agroindústria); Classe B (oriundos da atividade industrial ou agroindústria); Classe C (oriundos de lixo domiciliar); Classe D (oriundos de despejos sanitários); Classe E (origem mineral e química); Classe F (produtos resultantes de misturas das Matérias-primas das classes A e E). Os produtos dessas classes não devem apresentar toxicidade, resultando em produtos seguros para agricultura;

7. Os produtos destinados à melhoria das propriedades físico-químicas do solo devem apresentar capacidade de retenção de água (CRA) mínima de 60% e capacidade de troca catiônica (CTC) mínima de 200 mmol c/kg;

8. Os produtos destinados à melhoria da atividade biológica do solo devem ter suas garantias, que possam ser medidas quantitativamente, declaradas no registro;

9. Para declarar nutrientes, carbono orgânico e relação C/N, o condicionador deve atender os critérios para fertilizantes minerais ou orgânicos, de acordo com a natureza do produto;

10. Outras propriedades poderão ser declaradas desde que possam ser medidas quantitativamente e que, suas garantias, métodos de determinação e eficiência agrônômica sejam registrados.

estudo e pode passar por atualização. A seguir são expressos alguns dos principais critérios atuais desta normativa (BRASIL, 2011):

- (a) Inoculantes com bactérias fixadoras de nitrogênio para simbiose com leguminosas deverão apresentar concentração mínima de  $1,0 \times 10^9$  Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama ou mililitro de produto; (b) Demais produtos, formulados com bactérias associativas e microrganismos promotores de crescimento de plantas, a concentração de microrganismos será a informada no processo de registro, de acordo com a recomendação específica emitida por órgão brasileiro de pesquisa científica oficial ou credenciado pelo MAPA; (c) Devem ser elaborados em suporte esterilizado, e, quando sólido, livre de microrganismos em fator de diluição  $1 \times 10^{-2}$ ; (d) Estarem livres de microrganismos não especificados em fator de diluição  $1 \times 10^{-5}$ ; (f) Devem ser elaborados em suporte observando todas as condições de sobrevivência dos microrganismo; (g) Apresentarem prazo de validade de, no mínimo, seis meses a partir da data de fabricação; (h) Devem ser elaborados somente com microrganismos relacionados no Anexo II da IN 13/2011.

2. A tolerância para resultados será admitida em relação à garantia do produto, limitada a 20% para concentração de UFC por grama ou mililitro de produto.

### 2.1.5. Instrução normativa para inoculantes - IN 13/2011 (em estudo para alteração na CFIC)

Na norma IN 13/2011 - MAPA (BRASIL, 2011) estão previstas as especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos microrganismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil. Como outras normas, a IN 13/2011 também tem alterações em

### 2.1.6. Instrução normativa para contaminantes - IN 27/2006

A norma IN 27/2006 - MAPA (BRASIL, 2006b), que foi alterada pela IN 07/2016 - MAPA (BRASIL, 2016d), regula as concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas; metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas, em fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.

**Tabela 2.6** - Teores mínimos declaráveis PN, PRNT e soma de óxidos (CaO e MgO), segundo a IN 35/2006, para corretivos de acidez, destinados à agricultura (BRASIL, 2006a).

MATERIAL CORRETIVO DE ACIDEZ	PN % (E CaCO <sub>3</sub> ) MÍNIMO	SOMA % (CAO+ MGO) MÍNIMO	PRNT % MÍNIMO
Calcário agrícola	67	38	45
Calcário calcinado agrícola	80	43	54
Cal hidratada agrícola	94	50	90
Cal virgem agrícola	125	68	120
Parâmetros de referência para outros corretivos de acidez	67	38	45

O cumprimento dos critérios da IN 07/2006 não exclui os demais controles previstos em outras legislações e normas para fertilizantes. Os principais critérios dessa norma estão expostos a seguir:

1. Existem teores máximos admitidos para metais pesados tóxicos em fertilizantes minerais que contenham o micronutriente fósforo, micronutrientes, ou com fósforo e micronutrientes em mistura com demais nutrientes, conforme Tabela 2.7;
2. Existem teores máximos admitidos para metais pesados tóxicos em fertilizantes minerais que contenham nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 05 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e para os demais não especificados no Anexo I da IN 27/2006, conforme Tabela 2.8;
3. Existem teores máximos admitidos para metais pesados tóxicos em corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e para silicato de cálcio, silicato de magnésio, carbonato de cálcio e magnésio e escória silicatada, conforme Tabela 2.9;

**Tabela 2.7** - Teores máximos admitidos para metais pesados tóxicos em fertilizantes minerais que contenham nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 05 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e para os demais não especificados no Anexo I da IN 27/2006, segundo o Anexo II da norma para contaminantes IN 27/2006 (BRASIL, 2006b).

METAL PESADO	VALOR MÁXIMO ADMITIDO EM MG/KG NA MASSA TOTAL DO FERTILIZANTE
Arsênio (As)	10,00
Cádmio (Cd)	20,00
Chumbo (Pb)	100,00
Cromo (Cr)	200,00
Mercúrio (Hg)	0,20

4. Existem teores máximos admitidos para contaminantes em substratos para as plantas (alterada pela IN 07/2016), conforme Tabela 2.10;

5. Existem teores máximos admitidos para contaminantes em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo (alterada pela IN 07/2016), conforme Tabela 2.11.

### 2.1.7. Instrução normativa para classificação e registro, credenciamento de instituições e requisitos para avaliação agrônômica - IN 53/2013

A norma IN 53/2013 - MAPA (BRASIL, 2013c), alterada pela IN 06/2016 - MAPA (BRASIL 2016b), prevê regras que serão especificadas a seguir.

- Classificação, registro de estabelecimento e de produto, autorização de comercialização e uso de materiais secundários, cadastro de armazenamento e acondicionamento, análises laboratoriais, empresas geradoras de materiais secundários e fornecedores de minério, embalagem, rotulagem entre outras especificações;
- Credenciamento de instituições privadas de pesquisa;
- Requisitos mínimos para avaliação agrônômica para fins de registro de fertilizante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para as plantas na condição de produto novo (alterada pela IN MAPA 06/2016).

A seguir seguem alguns dos principais critérios da IN 53/2013:

1. No cadastro, a classificação dos estabelecimentos, dos prestadores de serviço, dos geradores de materiais secundários e dos fornecedores de minérios deve estar em conformidade com as atividades, categorias e características adicionais, conforme Tabela 2.12 (alterada pela IN 06/2016).

2. Em relação à classificação e registro dos produtos, podem ser catalogados como:

• **Fertilizantes:**

- (a) *Quanto à natureza:* mineral; orgânico;
- (b) *Quanto aos nutrientes:* mononutriente; binário; ternário; com macronutrientes secundários; com micronutrientes;
- (c) *Quanto à categoria:* mineral simples; mineral simples em solução; mineral simples em suspensão; mineral misto; mineral complexo, orgânico simples; orgânico misto; orgânico composto; organomineral;
- (d) *Quanto ao modo de aplicação:* via foliar; via solo; via fertirrigação; via hidroponia; via semente.

• **Corretivos:**

- (a) *Quanto à natureza:* mineral; orgânico, químico ou sintético;
- (b) *Quanto à categoria:* de acidez; de alcalinidade; de sodicidade (alterada pela IN 06/2016); condicionador de solo (alterada pela IN 06/2016).

• **Inoculantes** (alterada pela IN 06/2016).

• **Biofertilizantes** (alterada pela IN 06/2016).

• **Remineralizador** (incluída pela IN 06/2016).

**Tabela 2.8** - Teores máximos admitidos para metais pesados tóxicos em fertilizantes minerais que contenham o micronutriente fósforo, micronutrientes, ou com fósforo e micronutrientes em mistura com demais nutrientes, segundo o Anexo I da IN 27/2006 (BRASIL, 2006b).

METAL PESADO	VALOR ADMITIDO EM MG/KG POR PONTO PERCENTUAL (%) DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> E POR PONTO PERCENTUAL DA SOMA DE MICRONUTRIENTES		VALOR MÁXIMO ADMITIDO POR MG/KG NA MASSA TOTAL DO FERTILIZANTE	
	COLUNA A	COLUNA B	COLUNA C	COLUNA D
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Soma de micronutrientes	Aplicável aos fertilizantes minerais mistos e complexos com macronutrientes primários e micronutrientes	Aplicável aos fertilizantes fonte exclusiva de micronutrientes e aos com macronutrientes secundários e micronutrientes
Arsênio (As)	2,00	500,00	250,00	4.000,00
Cádmio (Cd)	4,00	15,00	57,00	450,00
Chumbo (Pb)	20,00	750,00	1.000,00	10.000,00
Cromo (Cr)	40,00	500,00	--	--
Mercurio (Hg)	0,05	10,00	--	--

**Notas:**

1. Para os fertilizantes minerais fornecedores exclusivos de micronutrientes e para os fertilizantes minerais com macronutrientes secundários e micronutrientes, o valor máximo admitido do contaminante será obtido pela multiplicação da somatória das percentagens garantidas ou declaradas de micronutrientes no fertilizante pelo valor da coluna B. O máximo de contaminante admitido será limitado aos valores da coluna D;
2. Para os fertilizantes minerais simples que contenham P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e não contenham micronutrientes, o valor máximo admitido do contaminante será obtido pela multiplicação do maior percentual de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> garantido ou declarado pelo valor da coluna A;
3. Para os fertilizantes minerais mistos e complexos que contenham P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e não contenham micronutrientes, o valor máximo admitido do contaminante será obtido pela multiplicação do maior percentual de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> garantido ou declarado pelo valor da coluna A. O máximo de contaminante admitido será limitado aos valores da coluna C;
4. Para os fertilizantes mistos e complexos que contenham P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e micronutrientes, o valor máximo admitido do contaminante será obtido pela multiplicação da somatória das percentagens garantidas ou declaradas de micronutrientes no fertilizante pelo valor da coluna B, somado ao valor obtido pela multiplicação do maior percentual de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> garantido ou declarado pelo valor da coluna A. O máximo de contaminante admitido será limitado aos valores da coluna C;
5. Para os fertilizantes mistos e complexos que contenham Nitrogênio e/ou Potássio e micronutrientes, sem garantia de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o valor máximo admitido do contaminante será obtido pela multiplicação da somatória das percentagens garantidas ou declaradas de micronutrientes no fertilizante pelo valor da coluna B, somado ao valor definido no Anexo II desta Norma. O máximo de contaminante admitido será limitado aos valores da coluna C;
6. Para os fertilizantes minerais com Fósforo cujo maior valor garantido ou declarado de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> seja de até 5% e que não contenham micronutrientes, aplicam-se os valores máximos de contaminantes definidos no Anexo II da IN 27/2006.

**Tabela 2.9** - Teores máximos para metais pesados em corretivos agrícolas, segundo o Anexo III da IN 27/2006 (BRASIL, 2006b).

METAL PESADO	VALOR MÁXIMO ADMITIDO EM MG/KG
Cádmio (Cd)	20,00
Chumbo (Pb)	1.000,00

- **Substrato para as plantas** (incluída pela IN 06/2016).

3. Para ter registro no MAPA, os insumos agrícolas (produto novo; fertilizante; corretivo; biofertilizante; substrato para plantas e; remineralizadores) devem apresentar os requisitos mínimos de avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica em forma de relatório técnico científico. Entre os principais requisitos devem constar:

- (a) Testes da capacidade do produto em alterar, positivamente, duas ou mais variáveis de desempenho da cultura, sendo que, quando se tratar de nutrientes, a aplicação do produto deverá, no mínimo, alterar a produtividade da cultura e a concentração dos elementos nas plantas;
- (b) Demonstrar atuação na nutrição e no desenvolvimento da planta, utilizando, no mínimo, quatro doses crescentes, para obter a curva de absorção, quando se tratar de nutriente;
- (c) Quando o produto não tiver como função o fornecimento direto de nutriente, demonstrar alteração positiva em pelo menos uma característica do solo, ou da planta do ponto de vista qualitativo, quantitativo ou ambos;
- (d) Quando se tratar de biofertilizante, demonstrar atuação, isolada ou cumulativamente, no crescimento, na ontogenia, em variáveis bioquímicas e na resposta a estresses abióticos, elevando a produtividade da cultura (incluída pela IN 06/2016);

**Tabela 2.10** - Teores máximos admitidos para contaminantes em substratos para plantas, segundo o Anexo IV da IN 27/2006, alterada pela IN 07/2016, (BRASIL, 2016b).

CONTAMINANTE	VALOR MÁXIMO ADMITIDO
Sementes ou qualquer material de propagação de ervas daninhas	0,5 planta por litro, avaliado em teste de germinação
As espécies fitopatogênicas dos fungos do gênero <i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> e <i>Sclerotinia</i>	Ausência
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	8,00
Chumbo (mg/kg)	300,00
Cromo (mg/kg)	500,00
Mercúrio (mg/kg)	2,50
Níquel (mg/kg)	175,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes: número mais provável por gramas de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos: número por quatro gramas de sólidos totais (número em 4g ST)	1,00
<i>Salmonella</i>	Ausência em 10g de matéria seca

**Nota:**

1. Os substratos para plantas que utilizam em sua produção, exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou sintética, ficam dispensados de atender os limites dos contaminantes coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella* sp. (Incluída pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016)

(e) Quando se tratar de remineralizadores, demonstrar atuação isolada ou cumulativa no crescimento, nas variáveis geoquímicas do solo e na produtividade da cultura (incluída pela IN 06/2016).

4. Os ensaios podem ser conduzidos em:

(a) *Condições de campo*: com duas culturas distintas, em regiões representativas, em dois locais com condições edafoclimáticas distintas em duas safras ou quatro locais, em uma mesma safra com duas culturas;

(b) *Ambiente controlado* (casa de vegetação) com pelo menos dois tipos de solo e com duas culturas distintas, exceto para biofertilizantes, que pode ser com apenas um tipo de solo (incluída pela IN 06/2016).

## 2.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA INSUMOS AGRÍCOLAS

O principal propósito deste capítulo foi fazer um levantamento dos principais parâmetros e alterações da legislação para insumos agrícolas no Brasil.

**Tabela 2.11** - Teores máximos admitidos para contaminantes em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, segundo o Anexo V da IN 27/2006 (alterada pela IN 07/2016), (BRASIL, 2006b e 2016b).

CONTAMINANTE	VALOR MÁXIMO ADMITIDO
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo hexavalente (mg/kg)	2,00
Mercúrio (mg/kg)	1,0
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes: número mais provável por gramas de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos: número por quatro gramas de sólidos totais (número em 4g ST)	1,00
<i>Salmonella</i>	Ausência em 10g de matéria seca
Materiais inertes – Vidros, plásticos, metais > 2mm	0,5% na massa seca
Materiais inertes – Pedras > 5mm	5,0% na massa seca

**Notas:**

1. Para os fertilizantes organominerais, o valor máximo admitido para cada contaminante será obtido pela soma dos valores máximos de contaminantes admitidos neste Anexo V, com os valores máximos de contaminantes admitidos para os nutrientes minerais fósforo, micronutrientes ou ambos, calculados conforme colunas “A” até “D” do Anexo I ou conforme o Anexo II desta Norma. (Alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016);

2. Os condicionadores que utilizam em sua fabricação exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou química ficam dispensados de atender os limites dos contaminantes coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella* sp. (Incluída pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016).

Como o principal objetivo desta pesquisa é a busca de rochas e minerais com potencial para remineralização e condicionamento de solos, os critérios normativos selecionados foram os com maior efeito em materiais para uso agromineral em técnicas de rochagem. Entretanto, outras normas, como as de inoculantes e de fertilizantes orgânicos, também foram abordadas tendo em vista que esses materiais podem compor arranjos produtivos com os pesquisados por este projeto.

Também deve ser considerado que a modernização da legislação agrícola no Brasil é muito recente e ainda continua em andamento, o que requer um conhecimento amplo e minucioso das normas para que os novos produtos estejam aptos legalmente para atender às demandas do setor. Dito isto, para melhor compreensão da legislação e das normas do MAPA, aqui apresentadas, é necessário um maior aprofundamento nos demais critérios de cada uma das normativas abordadas, tendo em vista que para cada uma delas há mais especificações particulares, que devem ser vistas detalhadamente, conforme o objetivo e o interesse.

**Tabela 2.12** - Classificação segundo cadastro do MAPA para os estabelecimentos, prestadores de serviços, geradores de material secundário e fornecedores de minérios para a produção de insumos agrícolas, segundo a IN 53/2013, alterada pela IN 06/2016), (BRASIL, 2013 e 2016c).

ATIVIDADE	CATEGORIA	CARACTERÍSTICA ADICIONAL
Produtor	Fertilizante Mineral	Simples
		Simples em solução
		Simples em Suspensão
		Complexo
		Misto
	Fertilizante orgânico	Simples
		Composto
		Misto
		Organomineral
	Corretivo	De Acidez
		De Alcalinidade
		De Sodicidade
	Condicionador de solo	--
Inoculante	--	
Biofertilizante	--	
Remineralizador	--	
Substrato para as plantas	--	
Comercial	Produto comercializado e embalado	--
	Produto comercializado a granel	--
Importador	Produto importado e comercializado embalado	--
	Produto importado e comercializado em granel	--
	Produto importado em granel e comercializado em embalagem própria	--
Exportador	Produto exportado e embalado	--
	Produto exportado a granel	--
Prestador de Serviço e outros	Serviço de Análise Laboratorial	Laboratório Próprio
		Laboratório Independente
	Serviço de Armazenagem	--
	Serviço de Acondicionamento	--
	Fornecedor de Minério	Mineradora
		Revendedora
	Gerador de Material Secundário	Geradora
Revendedora		



### 3. CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A área de estudo está inserida na porção central do Escudo das Guianas, no Cráton Amazônico (ALMEIDA *et al.*, 1981) (Figura 3.1 A). O Cráton Amazônico é descrito em diversos modelos evolutivos geotectônicos e geocronológicos. Os modelos geocronológicos descrevem uma evolução a partir de núcleos arqueanos amalgamados através de sucessivos eventos acresionários proterozóicos. Estes terrenos foram individualizados em províncias geocronológicas, cujas atualizações mais recentes foram apresentadas por Cordani & Teixeira (2007) (Figura 3.1 B) e Santos *et al.* (2008) (Figura 3.1 C).

Nas últimas décadas, revisões multidisciplinares têm demonstrado que limites de províncias geocronológicas não coincidem totalmente com feições geológicas e estruturas regionais nos terrenos do Cráton Amazônico (GIBBS & BARRON 1993; DELOR *et al.*, 2003; FRAGA *et al.*, 2009, 2017a, 2020; KROONENBERG & DE ROEVER 2010; KROONENBERG *et al.*, 2016; SCANDOLARA *et al.*, 2016; ROVERATO *et al.*, 2017, 2019; CARNEIRO *et al.*, 2018; FERNANDES & JULIANI, 2019). Alternativamente, modelos geotectônicos, que reúnem unidades litológicas e estruturas regionais com origem geodinâmica comum em províncias (ou associações) geotectônicas.

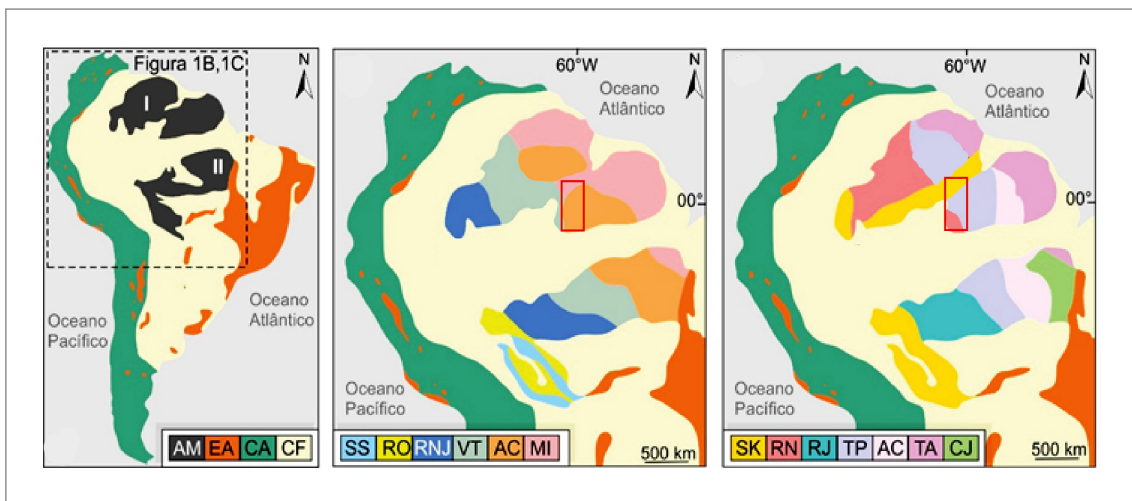
Portanto, apresentam-se mais compatíveis ao atual conhecimento geológico, em especial no Escudo das Guianas, o modelo geotectônico, baseado na proposta do Cinturão Cauarane-Coeroeni (FRAGA *et al.*, 2009, 2017a) (Figura 3.2 B). Fraga & Cordani (2019) descrevem um cinturão orogênico gerado durante o ciclo transamazônico, composto por:

1. Fragmentos de arcos magmáticos Anauá-Trairão (AAT);
2. Sequências orogênicas de alto-grau, Cinturão Cauarane-Coeroeni (CCC);
3. Cinturão Ígneo pós-orogênicos Orocaima (CIO) e Rio Urubu (CIRU);
4. Sequências orogênicas de baixo-grau, Grupo Parima e magmatismo intracratônico, SLIP Uatumã (DUA) (Figura 3.2).

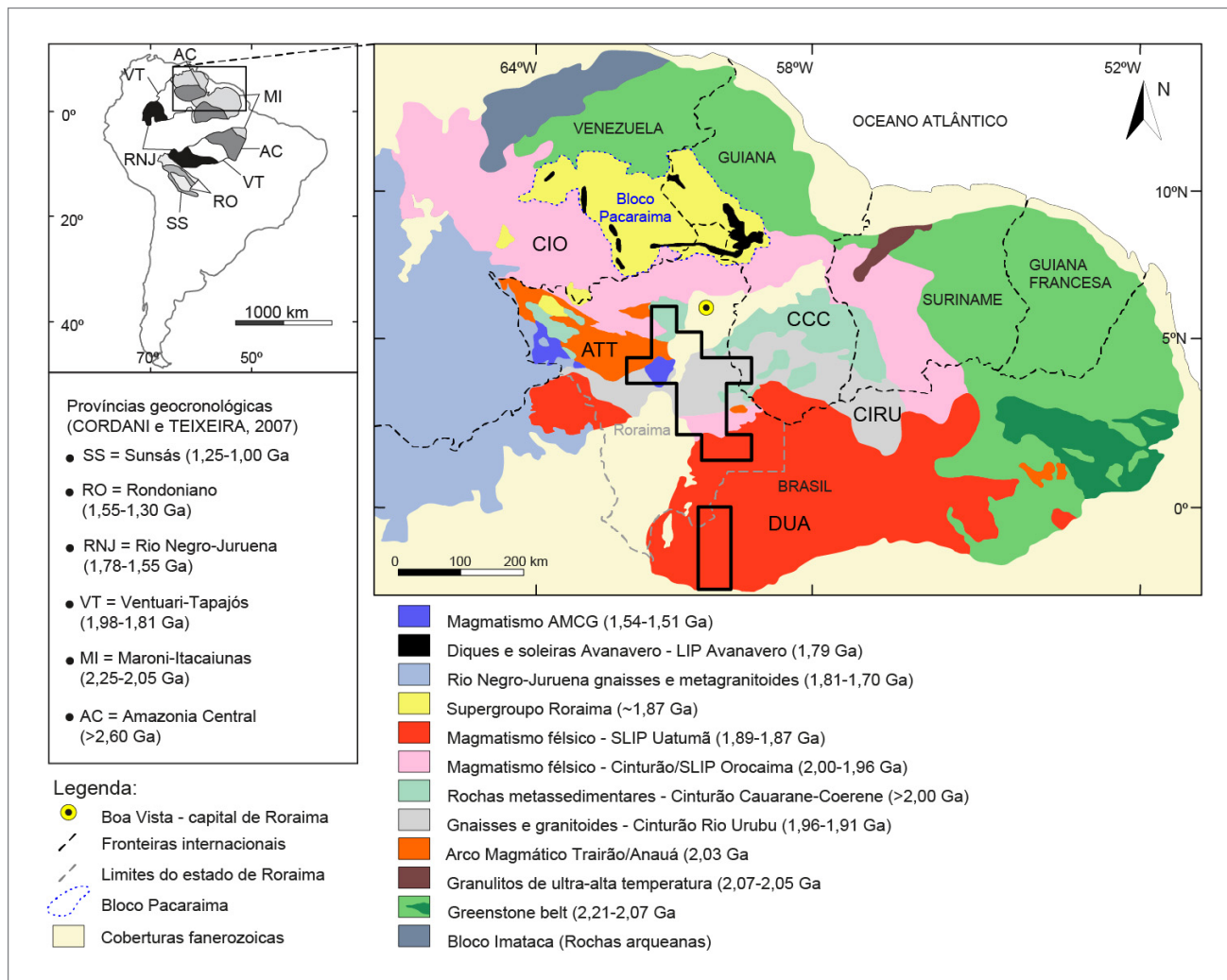
Destacar-se-á no mapa geológico simplificado as unidades de interesse agrominerais que estiverem inseridas nas descrições dos cinturões (Figura 3.3).

Arco Anauá-Trairão compreende:

- Granitoides de filiação calcioalcalina e rochas da associação Tonalito-Trondjemito-Granodiorito (TTG) com idade 2,04 – 2,03 Ga, de assinatura isotópica juvenil do Complexo Anauá (sul do estado de Roraima), e;



**Figura 3.1** - Compartimentação geotectônica da Plataforma Sulamericana com destaque para o Cráton Amazônico (A): AM - Cráton Amazônico; I – Escudo das Guianas, II – Escudo Brasil Central; EA – Escudo do Atlântico; CA- Cinturão Andino e CF – Coberturas Fanerozoicas (compilação de Almeida *et al.*, 1981). (B) à direita o modelo de províncias tectônicas (CORDANI & TEIXEIRA, 2007); AC – Amazônia Central (>2,60 Ga), MI – Maroni-Itacaiúnas (2,25-2,05 Ga), VT – Ventuari-Tapajós (1,98-1,81 Ga), RNJ – Rio Negro-Juruena (1,78-1,55 Ga), RO – Rondoniana (1,55-1,30 Ga), e SS – Sunsás (1,25-1,00 Ga); e (C) Santos *et al.* (2006): CJ – Carajás (3,00-2,50 Ga), TA – Transamazônica (2,26-2,01 Ga), TP – Tapajós-Parima (2,03-1,88 Ga), RN – Rio Negro (1,82-1,52 Ga), RJ – Rondônia-Juruena (1,82-1,54 Ga), e SK – Sunsás e K’Mudku (1,45-1,10 Ga).



**Figura 3.2** - Mapa esquemático do contexto geotectônico da porção centro-leste do Escudo das Guianas. (A) Mapa das províncias geocronológicas segundo Cordani & Teixeira (2007); (B) Domínios e associações geotectônicas da porção central do Escudo das Guianas; modificado com base nas propostas de Fraga *et al.* (2017) e Reis *et al.* (2021).

- Suite Trairão (norte do estado de Roraima) (ALMEIDA *et al.*, 2007; VASQUEZ *et al.*, 2008; FRAGA *et al.*, 2009).

O Cinturão Cauarane-Coeroeni está disposto numa mega estrutura de orientação NW-SE/ENE-WSW/NW-SE que se prolonga da Venezuela-Brasil-Guiana-Suriname e agrupam sequências de rochas supracrustais, orogênicas, metamorfizadas em alto grau, polideformadas e composta por paragneisses kinzigíticas, calciossilicáticas, metacherts, anfibolitos, xistos, quartzitos e gonditos. Admite-se uma evolução orogênica de idade transamazônica com pico metamórfico em 1,98 Ga (BERRANGÉ, 1977; LUZARDO & REIS, 2001; RIKER *et al.*, 1999; FRAGA *et al.*, 2009, 2017)

O Cinturão Ígneo Orocaima (1,98 – 1,95 Ga) distribui-se numa faixa contínua a norte do CCC, onde afloram rochas:

1. Vulcânicas do Grupo Surumu, composto por andesitos, dacitos, riolitos, ignimbritos e rochas subvulcânicas, de filiação calcioalcalina de alto-K a shosshonítica, idade de cristalização em 1984 Ma (SANTOS *et al.*, 2003);

2. Plutonismo com diferentes filiações químicas, com assinatura do tipo-I (Suite Pedra Pintada, Reislândia) e tipo-A (Saracura, Aricamã), ao qual se admite uma evolução em ambiente tardi a pós-colisional. O magmatismo Avanavero compreende a um volumoso magmatismo máfico de afinidade tholeítica, intrusivo na sequência sedimentar do Supergrupo Roraima, petrologicamente descrito como doleritos, gabros e, subordinadamente, microdioritos, de idade 1,79 – 1,77 Ga (SANTOS *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2013).

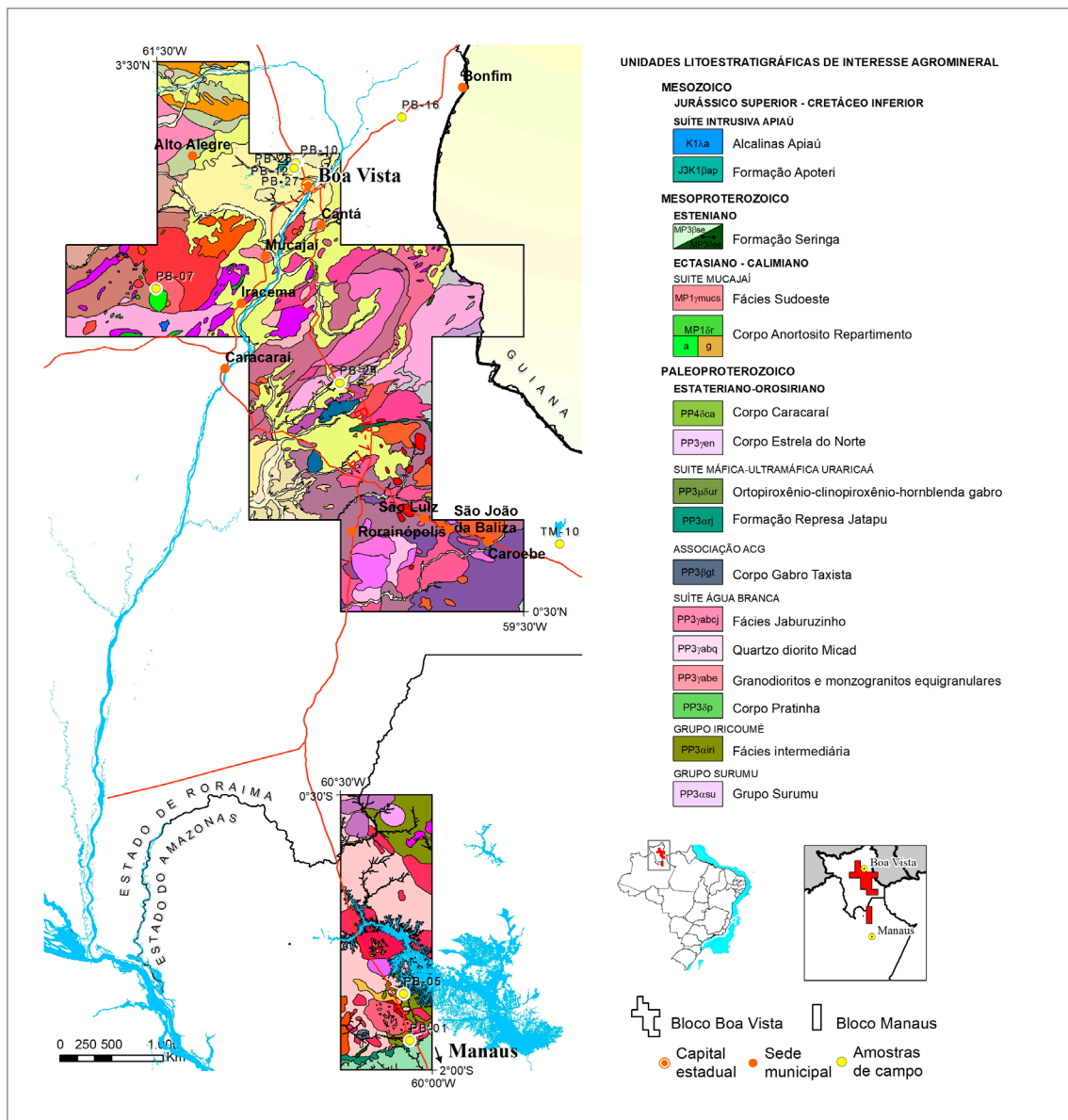


Figura 3.3 - Mapa geológico simplificado da área do projeto, subdividida nos Blocos Manaus e Boa Vista.

O Cinturão Ígneo Rio Urubu corresponde a uma faixa disposta a sul do CCC e que ocorrem ortognaisses e metagranitoides de composição granodiorítica a graníticas, de afinidade calcioalcalina de alto-K correlacionáveis às suítes Rio Urubu (1,96 – 1,93 Ga), Igarapé Miracelha (1,96 – 1,95 Ga) e o corpo Igarapé Branco (1,96 Ga), associadas à charnockitoides da Suíte Serra da Prata, que compreendem a metagranitoides a ortopiroxênio, enderbitos e mangeritos, por vezes, em contato com gabronoritos e quartzo dioritos, deformados, com idade 1,94 – 1,91 Ga (FRAGA, 2002). Estes charnockitoides, que afloram na região da Serra Barauana, foram comumente descritos como granulitos e denominados de Granulito Barauana por diversos autores. No entanto, observa-se que se trata de rochas de composição charnoenderbítica deformadas em condições de médio a alto grau metamórfico, mas ainda preservando texturas primárias. Intrusivos no CIRU, o magmatismo calimiano da Suíte Mucajaí (1,53 – 1,43 Ga) correspondem a rochas de uma associação do tipo AMCG, onde se destacam os gabro-anortositos do Corpo Anortosito Repartimento e os faialita mangeritos a faialita-hiperstênio sienitos do Fácies Sudoeste da supracitada suíte (FRAGA, 2002).

Derrames de basaltos e andesitos continentais e diques máficos, de filiação tholeítica e idade de 153 – 145 Ma (MENEZES LEAL, 1997; REIS *et al.*, 2006). Há ainda corpos intrusivos de álcali-feldspato sienitos, sienitos, traquitos e nefelina-álcali-feldspato traquitos da Suíte Apiaú, de afinidade alcalina e idade de 108 Ma (FIGUEIREDO *et al.*, 2018).

Compõe o Domínio Uatumã um extenso magmatismo de idade 1,90 – 1,86 Ga, tendo sido reconhecido como uma *Silic Large Igneous Province* (SLIP) (KLEIN *et al.*, 2012), geradas em ambiente extensional e relacionadas a fusão crustal em larga escala. Na área de estudo, representam a SLIP as rochas plutônicas da Suíte Água Branca, os vulcanitos da Formação Represa Jatapu e do Grupo Iricoumé, de filiação calcioalcalina do tipo-I e tipo-A, descritos como andesitos, andesitos basalto, dacitos, riolitos e ignimbritos. Estão associados a este magmatismo, corpos intrusivos de olivina gabros a leucogabros da unidade Corpo Gabro Taxista, relacionados espacialmente e temporalmente aos granitos da Suíte Mapuera e charnockitos do Corpo Rio Pardo, evidenciando uma Associação do tipo Anortosito-Charnockito-Granito Rapakivi (ACG) (SIMÕES *et al.*, 2019).

## 4. UNIDADES DE INTERESSE AGROMINERAL E PROSPECTOS AVALIADOS

As Unidades de Interesse Agrogeológico (UIA) são unidades litoestatigráficas que compreendem rochas com potencial agromineral, sendo possíveis fontes de macro e micronutrientes e/ou capacidade de melhorar o condicionamento físico-químico dos solos (BLASKOWSKI *et al.*, 2016). Com a proposta de um trabalho prospectivo ao longo da BR-174, considerando-a um importante modal para a distribuição desse material aos agricultores, foram visitadas lavras de agregados para construção civil e afloramentos de rochas já conhecidas na literatura que pudessem se enquadrar nas normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O trabalho resultou na caracterização de duas importantes UIA representadas pelas duas maiores pedreiras de agregados para construção civil ao longo da via, a Pedreira Manaus-EBAM, na unidade Suíte Água Branca, no Bloco Manaus, e os basaltos da Granada Mineração, na unidade Formação Apoteri, no Bloco Boa Vista. Também foram caracterizadas mais quatro relevantes unidades de interesse nessa região: vulcânicas ácidas do Grupo Iricoumé, já exploradas na Pedreira Samaúma; vulcânicas ácidas a intermediárias do Grupo Surumu, na região norte de Roraima; mangerito da Suíte Mucajaí, explorado na Pedreira do Roxinho; e no Corpo Estrela do Norte, aflorante ao longo da BR-174.

Outras unidades abordadas nesse capítulo não foram visitadas porém, são importantes prospectos no contexto dos agrominerais existentes na área e, também, foram abordadas neste estudo no formato de revisão de dados já publicados ou não, encontrados no banco de dados do SGB-CPRM.

### 4.1. SUÍTE ÁGUA BRANCA E PROSPECTO VISITADO

A Suíte Água Branca é caracterizada, na literatura, como uma série granítica expandida, composta, predominantemente, por monzogranitos apresentando, entretanto, variação até termos dioríticos. As rochas dessa unidade são granitoides tardicolisionais de natureza calcioalcalina de alto-K, de idade orosiriana, associadas ao Vulcanismo Iricoumé (VALÉRIO *et al.*, 2006). Os granitoides compõem grande parte do embasamento na região de ocorrência (VALÉRIO *et al.*, 2006). Nesse trabalho, as rochas da unidade foram estudadas na lavra operada pela Pedreira Manaus, da Empresa Brasileira de Agregados Minerais (EBAM) (Figura 4.1).

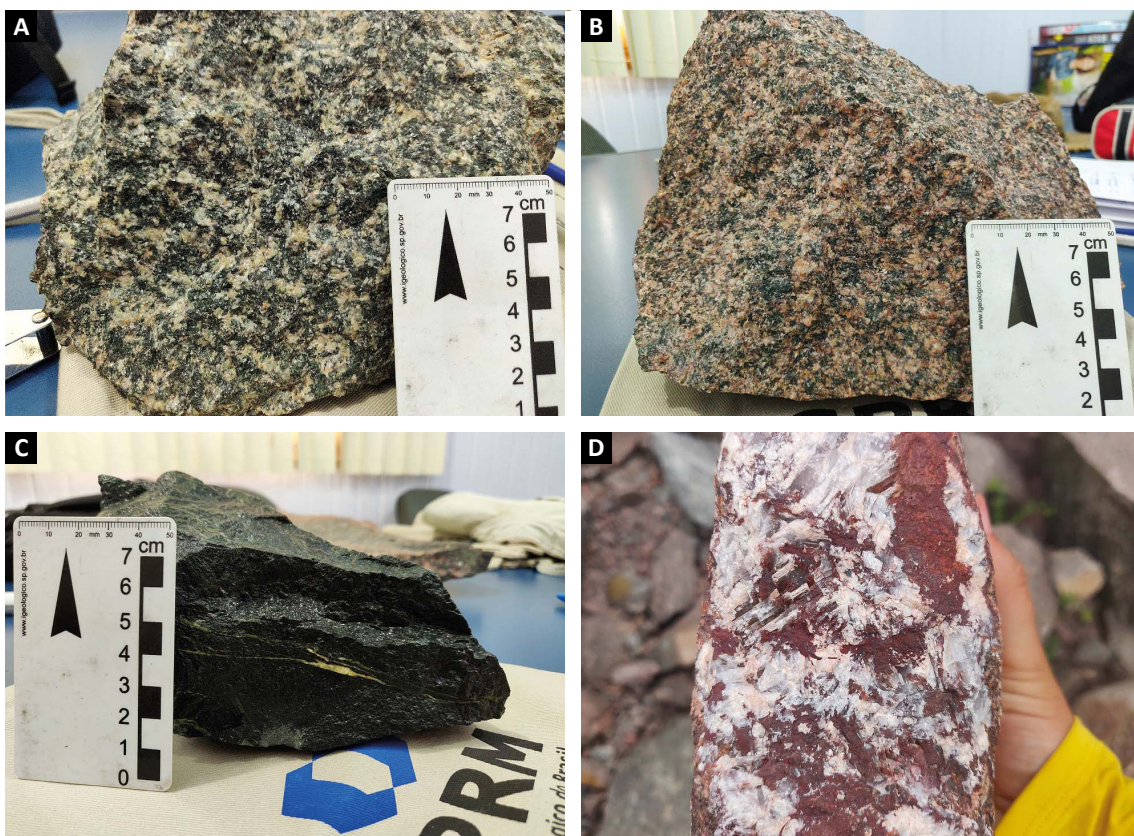
O empreendimento encontra-se na margem oeste da BR-174, a cerca de 150 km de Manaus, no município de Presidente Figueiredo - AM. Produz os intervalos granulométricos entre rachão (150 a 100 mm) até pó de brita (4 mm a tamanho argila) porém, seu principal produto é a brita zero (5 a 13 mm). Esses produtos são empregados nos setores da construção civil e pavimentação de estradas, atendendo, principalmente, ao mercado de Manaus. Sua produção foi estimada em cerca de 40.000 toneladas mensais de material, nas seguintes proporções: 35% de brita zero, 20% de brita 1 (13 a 20 mm), 40% de pó de brita, 5% de bica corrida (fração de material descartada do processo, em granulometria <30 mm), salvo exceções.

A pedreira comercializa toda a produção de brita 0 e 1, mais o pó de brita e a bica corrida, por suas características geotécnicas inferiores, atribuídas ao excesso de ferro, possuem pouca aplicação e demanda na construção civil, embora componham 45% do resultado do processo de britagem. É desta forma que o material se acumula nos pátios, formando pilhas de descarte. As estimativas das quantidades de estoque são da ordem de 100 mil m<sup>3</sup> ou aproximadamente 150 mil toneladas de bica corrida e 125 mil m<sup>3</sup> ou aproximadamente 187 mil toneladas de pó de brita (dados de abril de 2019).

O aspecto da rocha é de um granitoide médio a grosso, isotrópico equigranular, e predominam os termos classificados como quartzo monzonito (PB-01A), que apresentam textura do tipo sal e pimenta, representando 60% da frente de lavra (Figura 4.2A). Nas zonas de cisalhamento e/ou fraturamento a rocha torna-se avermelhada. O efeito foi atribuído à percolação de fluidos hidrotermais que promoveram potassificação que abrange 35% da frente de lavra e é representada pela amostra classificada como quartzo monzonito potassificado (PB 01B) (Figura 4.2B). Estimados em 5% na frente de lavra, encontram-se diques e xenólitos de rocha máfica fanerítica fina, de cor escura e tom esverdeado, representados pela amostra PB-01C, classificada como diabásio (Figura 4.2C). Associado ao processo hidrotermal de potassificação nota-se a presença de falhas e fraturas preenchidas por veios de calcita e óxidos (Figura 4.2D). Em raras ocasiões, parte do material é britado separadamente e, em geral, o produto final é resultante da mistura desses três litotipos, resguardadas suas proporções na frente de lavra.



**Figura 4.1** - Imagens da Pedreira da EBAM. (A) instalações; (B) frente de lavra; (C) planta de britagem; (D) crescimento de planta (*lantana camara*) em pilha de descarte.

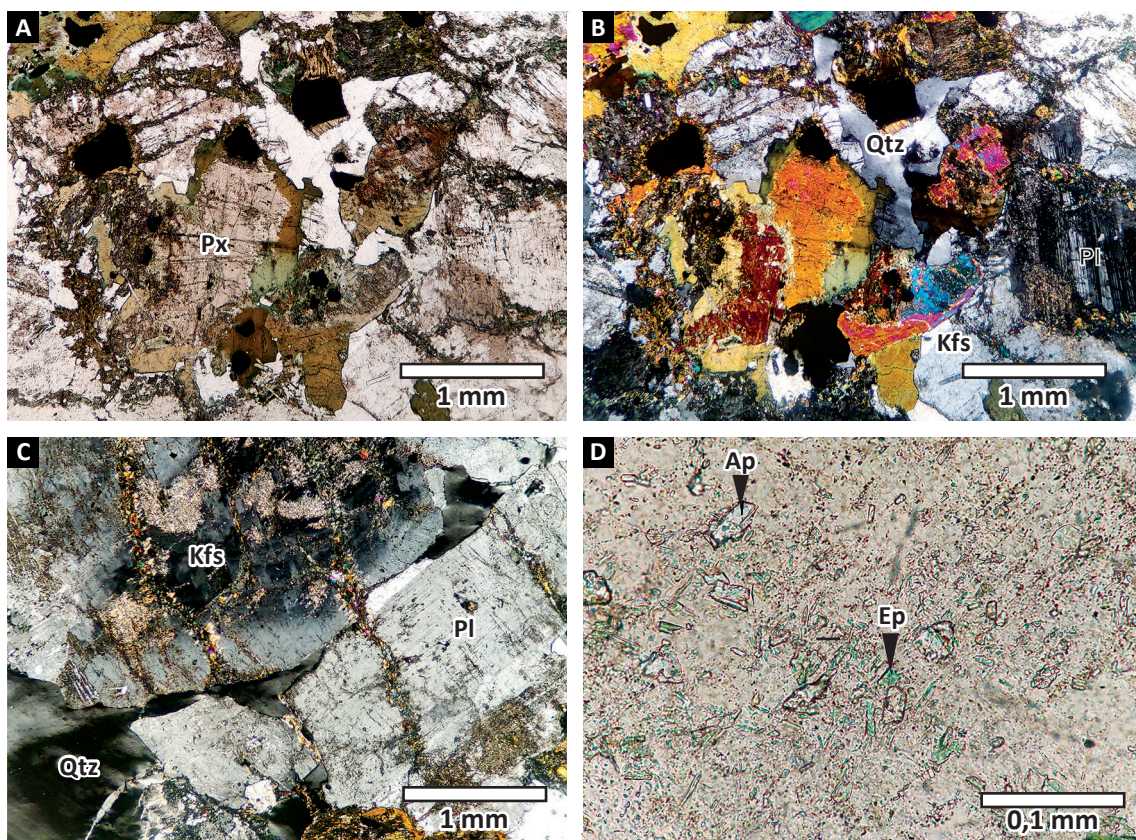


**Figura 4.2** - (A) Quartzo monzonito preservado (PB-01A); (B) Quartzo monzonito potassificado (PB-01B); (C) Diabásio (PB-01C); (D) Calcita em cristais centimétricos e óxidos cristalizados no plano da falha.

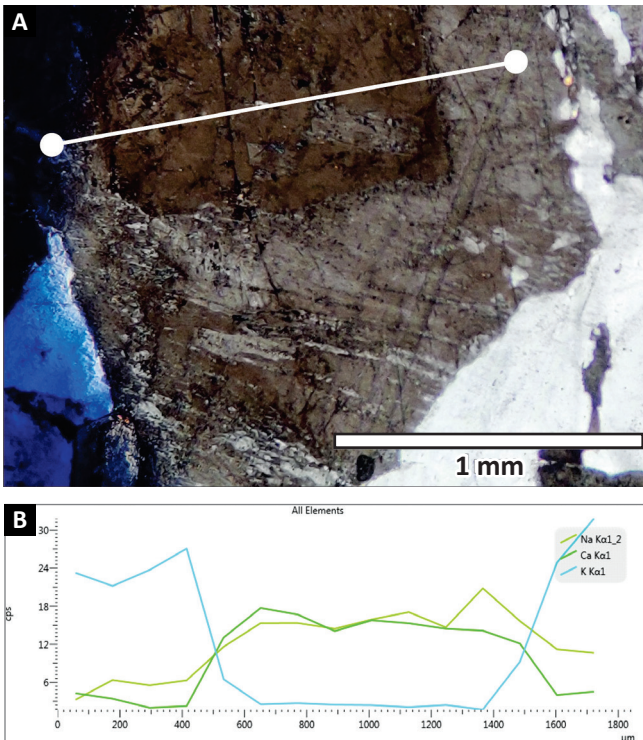
Em lâmina, o quartzo monzonito (PB-01A) apresenta-se relativamente alterado e é possível observar uma grande disseminação de vênulas com alteração de sericita e epidoto. Cerca de 80% do K feldspato encontrado na lâmina apresenta zonação concêntrica, com exsolução de albita (pertita) e sericitização, por vezes controlada pela zonação composicional ou se desenvolvendo-se ao longo das linhas de exsolução da pertita. Cristais de microclina, com geminação *tartan* e pouco ou nenhum intemperismo, são geralmente pequenos e raros. A fase plagioclásio foi determinada pela presença de geminação polissintética e, portanto, pode estar subestimada em relação ao feldspato potássico. Os minerais máficos são representados, em sua maioria, por núcleos de ortopiroxênio e clinopiroxênio, manteados por anfibólio e com presença de alguma biotita e clorita associadas. Por fim, utilizando-se o aumento de 400x é notável a presença de pequenos cristais de apatita prismáticos dentro dos cristais de feldspato além de aglomerados anédricos de epidoto, ambos marcando as zonas de fraquezas dos feldspatos (Figura 4.3)

É importante ressaltar que os teores de quartzo, identificados na amostra mais representativa do volume das litologias que compõem (PB 01A), estão em torno de 15%.

Nessa mesma amostra foram realizadas análises no MEV, através da técnica de eletroscopia por energia dispersiva (EDS) e foi possível determinar a composição química de diferentes pontos na lâmina, além de variações composicionais em perfis traçados sobre cristal com núcleo de plagioclásio e borda de feldspato potássico. Os plagioclásios analisados são predominantemente labradorita e andesina, com teores da Ca e Na bastante próximos. Os feldspatos potássicos, por sua vez, apresentam-se pertíticos, na forma de exsoluções de ortoclásio e albita (feldspato potássico e plagioclásio sódico). Através de uma seção no EDS, esses termos foram identificados, nesta ordem, em um cristal de feldspato, o que denota uma sequência de cristalização normal, demonstrada na Figura 4.4A e Figura 4.4B. O piroxênio é a augita, que tem pouco ou nenhum alumínio em sua composição, sendo mais rica em ferro e cálcio do que em magnésio. O principal mineral portador de fósforo identificado tem composição compatível com minerais do grupo da apatita, em pequenos cristais de 0,01 mm inclusos nos feldspatos. Os minerais opacos são majoritariamente óxido de ferro com algum titânio e manganês.



**Figura 4.3** - (A) e (B) Fotomicrografias da amostra PB-01A com aumento de 40x em luz natural (LN) e luz polarizada (LP), respectivamente. (C) K-feldspato zonado, parcialmente alterado, e vênulas de minerais secundários cortando os cristais (aumento de 40x); (D) Detalhe de 400x de aumento; observar inclusões de apatita e epidoto dentro dos cristais de Kfs. Abreviações: Anf - anfibólio, Px - piroxênio, Qtz - quartzo, Kfs - feldspato potássico, Pl - plagioclásio, Ap - apatita, Ep - epidoto.



**Figura 4.4** - Cristal de feldspato investigado no EDS e gráfico gerado mostrando zoneamento normal do cristal (plagioclásio no centro e feldspato potássico nas bordas).

A mineralogia de vênulas, que cortam os plagioclásios, identificada em EDS, reconheceu composições químicas compatíveis como esfalerita (ZnS), epidoto (Ca e Fe) e sericita (K), minerais comumente associados a essas feições.

A amostra de quartzo monzonito potassificado (PB-01B) é muito similar ao quartzo monzonito (PB-01A) (Figura 4.5A e B) mas, existem algumas diferenças a serem ressaltadas, os feldspatos com geminação polissintética (PI), são muito mais raros, como fica claro pela contagem modal realizada; a lâmina também apresenta menos vênulas e uma menor sericitização em relação a primeira.

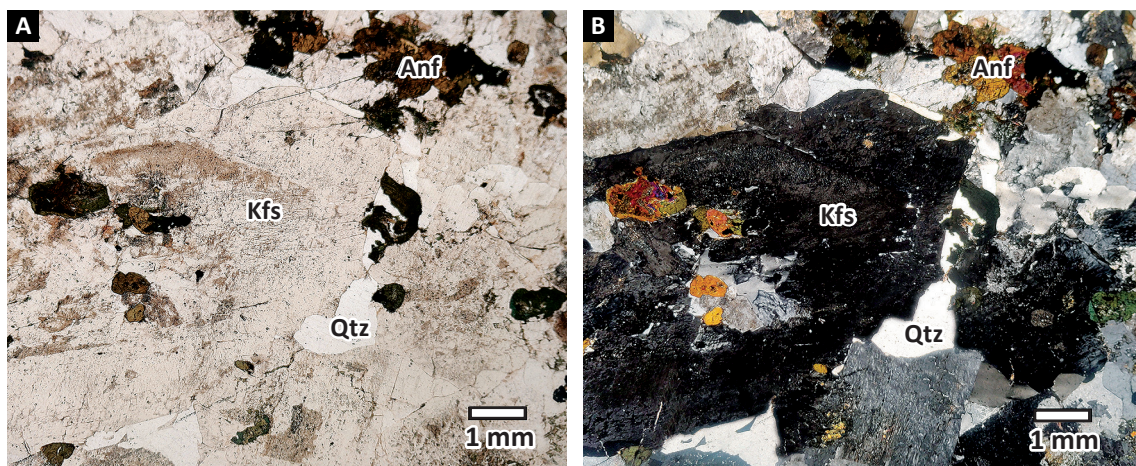
Tudo isso se deve, provavelmente, ao evento de potassificação hidrotermal. Não foram identificados núcleos vestigiais de ortopiroxênio ou clinopiroxênio e os máficos predominantes são anfibólios. Os teores de quartzo, observados em lâmina, são inferiores aos do quartzo monzonito (PB-01A).

A amostra de diabásio (PB-01C) apresenta um avançado grau de intemperismo / hidrotermalismo e é composta por ripas e fenocristais de plagioclásio altamente sericitizados, alguns pequenos núcleos de piroxênios também muito alterados, imersos em matriz afanítica, que parece formada por minerais secundários, provavelmente sericita, actinolita, epidoto e opacos, além de algum quartzo e biotita (Figura 4.6).

#### 4.1.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

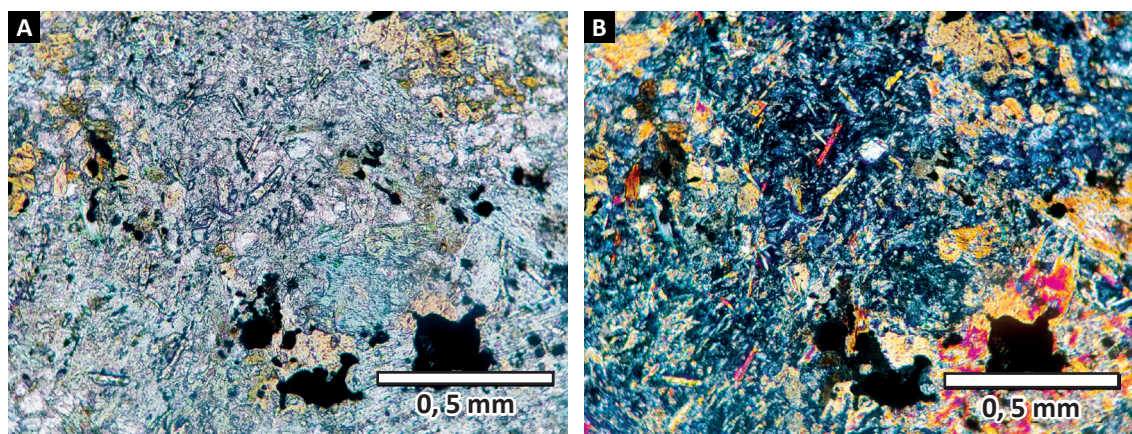
As análises litoquímicas realizadas e expressas na Tabela 4.1 demonstram os teores obtidos para macronutrientes, micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos nas amostras da Pedreira Manaus, da EBAM.

Os resultados demonstram que a maioria das amostras atende ao quesito soma de base da norma para remineralizadores de solos, IN 05/2016 – MAPA (BRASIL, 2016), apresentando teores de SB maior que 09%, exceto pela amostra PB 01B, que apresenta teores mais baixos para cálcio e magnésio, o que possivelmente está relacionado à alteração hidrotermal que, por outro lado, também proporcionou a potassificação da amostra. Em relação aos teores de elementos potencialmente tóxicos (EPT), todas as amostras apresentam teores muito abaixo dos limites determinados pela referida norma. Em relação aos micronutrientes, as amostras apresentam teores declaráveis para Si, Fe, Mn, além de teor significativo de cobalto e níquel no diabásio.



**Figura 4.5** - (A) Vista geral da lâmina PB-01B, aumento de 20x em luz natural (LN); (B) Mesma vista em luz polarizada (LP). Abreviações: Anf - anfibólio, Qtz - quartzo, Kfs - feldspato potássico.





**Figura 4.6** - (A) Vista geral da lâmina PB-01C, aumento de 100x em luz natural (LN); (B) Mesma vista em luz polarizada (LP). Notar ripas de plagioclásio e núcleos de piroxênio em meio a matriz afanítica.

**Tabela 4.1** - Resultados obtidos nas rochas da Pedreira EBAM, onde: PB 01A (quartzo monzonito), PB 01B (quartzo monzonito potassificado), PB 01C (diabásio) e PB 01E (pó de brita).

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES				
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	Ni	Co
	%					ppm				%		ppm		
PB 01A	4,28	<b>3,29</b>	2,69	<b>10,26</b>	0,41	<1	0,65	<0.01	27,5	<b>60,3</b>	<b>8,57</b>	<b>1239,4</b>	24,8	20
PB 01B	1,91	<b>4,96</b>	0,68	7,55	0,18	2	0,22	<0.01	32,9	<b>66,2</b>	<b>5</b>	852,1	2,7	5,6
PB 01C	8,56	<b>1,63</b>	9,16	<b>19,35</b>	0,36	<1	0,14	<0.01	7,9	<b>47,4</b>	<b>11,6</b>	<b>1781,7</b>	<b>190,8</b>	<b>49,3</b>
PB 01E	3,89	<b>3,5</b>	2,1	<b>9,49</b>	0,38	1	0,14	0,01	20,1	<b>61</b>	<b>7,5</b>	<b>1084,5</b>	14	15,4

Por tratar-se de uma lavra ativa, foi possível obter amostra do pó de brita produzido na unidade. É importante considerar que os resultados, na amostra (PB 01E), representam uma média dos termos na proporção em que ocorrem na frente de lavra, já que os resultados litoquímicos corroboram com as estimativas propostas (quartzo monzonito 60%; porção potassificada 35% e 5% de diabásio), na medida em que guardam bastante semelhança com o litotipo predominante (PB-01A). Dessa forma, levando em consideração os processos produtivos na pedreira, os resultados em PB-01E refletem aproximadamente os teores que presumivelmente seriam encontrados nas pilhas de material estocado no empreendimento.

Embora a porção potassificada associada ao quartzo monzonito (PB 01B) descrito na Pedreira Manaus da EBAM não atenda o quesito de SB previsto na IN 05/2016 (BRASIL, 2016), o conjunto dos finos de britagem da mineradora atende à norma integralmente, além de possuir teores declaráveis de micronutrientes como Fe, Mn e Si, não apresenta restrições para EPT (Figura 4.7).

As análises petrográficas apresentaram teores de quartzo abaixo de 15,5%, inferiores aos 25% máximos estabelecidos pela norma para remineralizadores de solos (Figura 4.8), além de detectar a presença de apatita, mineral

portador de fósforo (importante macronutriente) e de minerais de alteração (epidoto e sericita), que evidenciam a susceptibilidade das rochas às condições intempéricas da região.

Com relação à disponibilidade de produtos no empreendimento, o pó de brita é o material que apresenta maior potencial econômico, pois seu peneiramento visando os padrões granulométricos da IN 05/2016 - MAPA não representa custo alto. Para exemplificar, o simples peneiramento das pilhas de pó de brita a 0,3 mm resultaria em 16,8% de *filler* moído e pronto para comercialização, como fica demonstrado na Figura 4.9. Correlacionando essa estimativa com valores obtidos na data da visita, em abril de 2019, a mineradora já teria disponível, tomadas apenas a suas pilhas de pó de brita, o equivalente a 25 mil toneladas de *filler*. Além do pó de brita, é importante ressaltar a presença do estoque disposto nas pilhas de bica corrida, material com selecionamento inferior e fragmentos maiores (<30 mm), que, entretanto, não teve sua granulometria determinada em laboratório.

Finalmente, é importante destacar que uma das condições indispensáveis à certificação do material na categoria de remineralizador de solo passa pela determinação, de forma conclusiva, de que o mesmo possui eficiência agrônoma.

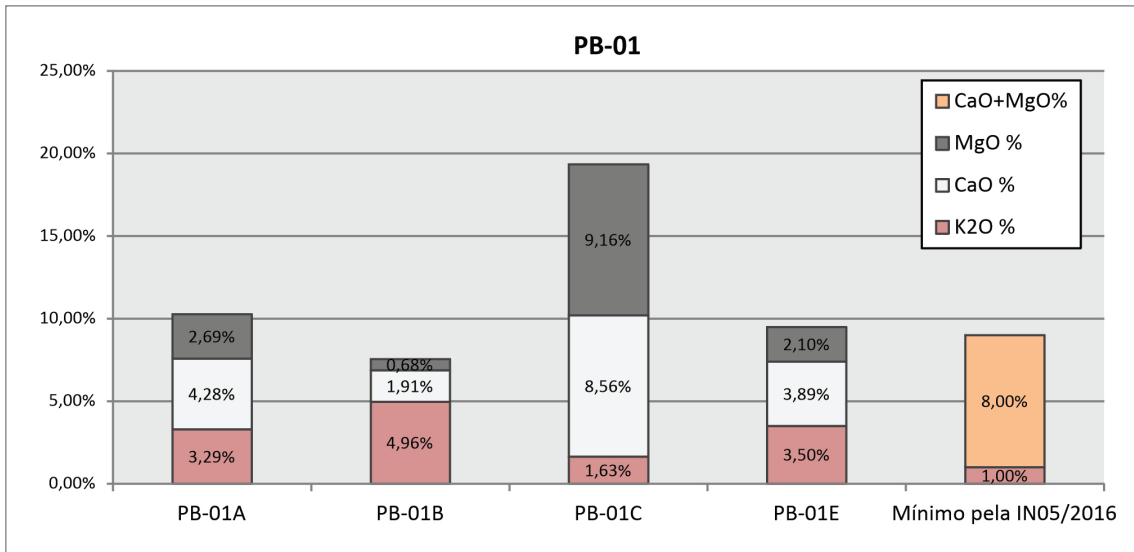


Figura 4.7 - Somas de bases das amostras e do pó de rocha em comparação com os requisitos mínimos exigidos pela norma para reminearizadores de solos, IN 05/2016 do MAPA.

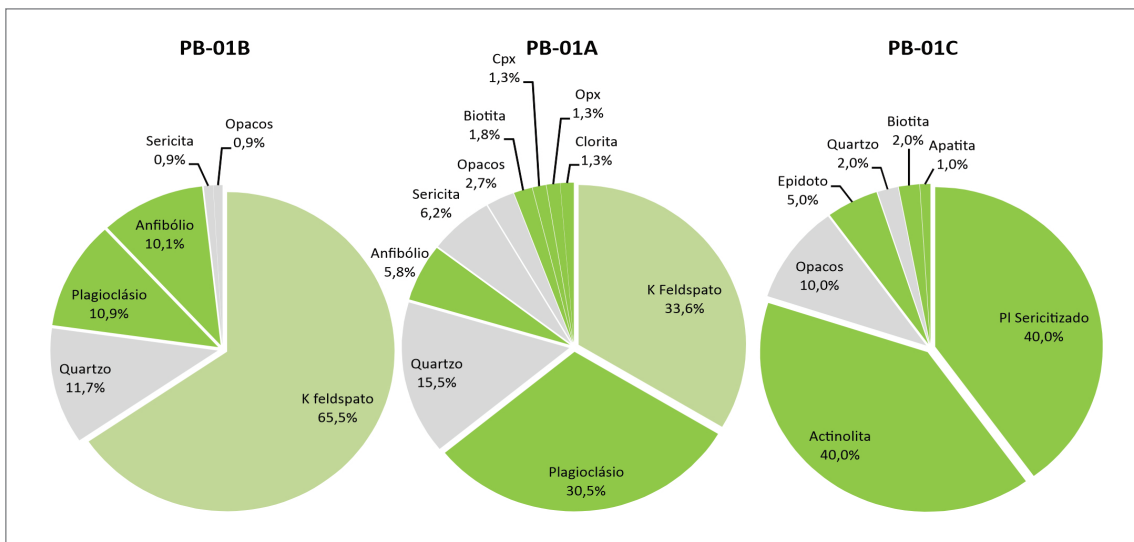


Figura 4.8 - Resultado modal dos minerais obtido pela análise petrográfica.

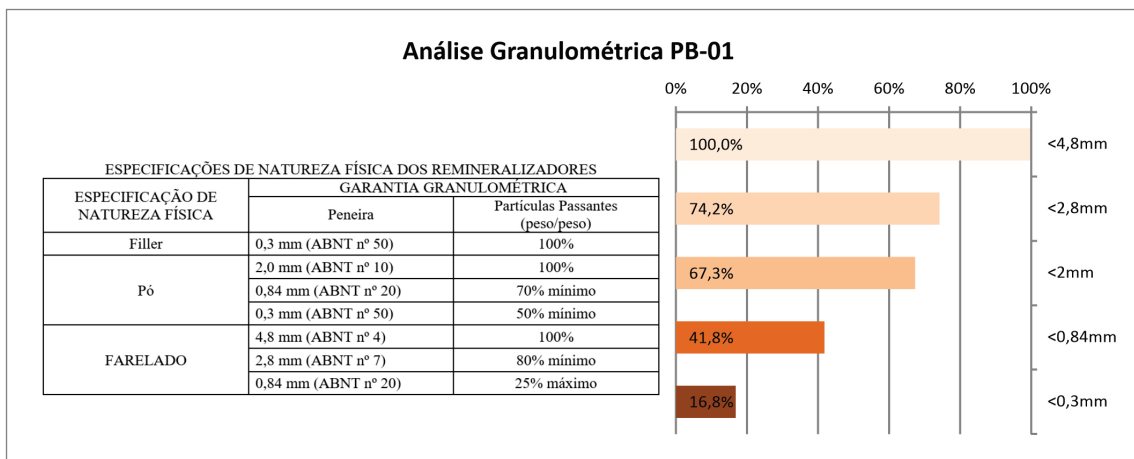


Figura 4.9 - Imagem da Tabela de classificação de diferentes tipos de produtos segundo a granulometria da IN 05/2016 (BRASIL, 2016a) e análise granulométrica em amostra do pó de brita da Pedreira EBAM (elaborada pela equipe do projeto).

## 4.2. FORMAÇÃO APOTERI E PROSPECTOS VISITADOS

A Formação Apoteri é composta por derrames e diques de basaltos toleíticos continentais associados ao contexto da Província Magmática do Atlântico Central (CAMP) no Rift do Tacutu; um aulacógeno de direção NE-SW que se desenvolveu no final do Triássico e início do Jurássico (PINTO *et al.*, 2017). As rochas da formação afloram na lavra da Granada Mineração, a 30 km do centro da capital Boa Vista-RR, em suas imediações, e também no Morro Redondo, 70 km a nordeste de Boa Vista.

A pedreira da Granada Mineração, antiga Boa Vista Mineração, é a segunda maior pedreira visitada pelo projeto, sendo a Pedreira da EBAM a lavra pesquisada de maior porte. Sua produção consiste basicamente em pó de brita, brita zero e brita 1, e é utilizada majoritariamente em usinas de asfalto de Roraima porém, também atende o mercado de construção civil na região. A pedreira tem capacidade operacional para extrair cerca de 11 mil m<sup>3</sup> de rocha mensalmente e sua operação de britagem resulta em 50% de brita 1, 30% de brita zero e 20% de pó de brita. Na data da visita ao empreendimento (março de 2019), o estoque da pedreira era de aproximadamente 25 mil m<sup>3</sup>, entretanto, todas as

frações têm mercado e praticamente não há rejeito na pedreira, havendo projeção de aumento gradual da produção (Figura 4.10).

Na Pedreira, a frente de lavra é composta por basaltos faneríticos finos de coloração cinza-escuro, isotrópicos. Ocasionais vênulas de espessura milimétrica de coloração branca são formadas por calcita. A disjunção colunar e a ausência de cavidades do tipo vesículas e amígdalas caracterizam uma zona central de derrame (BERGMAN & HOLANDA, 2014).

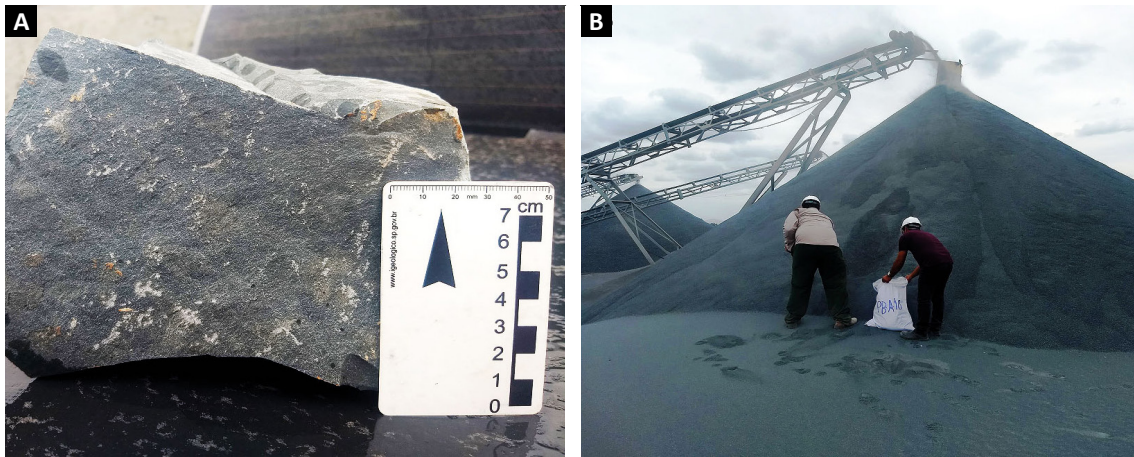
A frente de lavra é ampla e conta com duas bancadas, sendo que a inferior possui cerca de onze metros, enquanto que a superior atinge espessura de aproximadamente de dezoito metros, totalizando cerca de 29 metros de altura entre o piso e o topo da lavra (Figura 4.11).

Em lâmina delgada, a rocha encontra-se muito alterada, provavelmente por hidrotermalismo que afetou as propriedades óticas dos minerais, dificultando sua identificação.

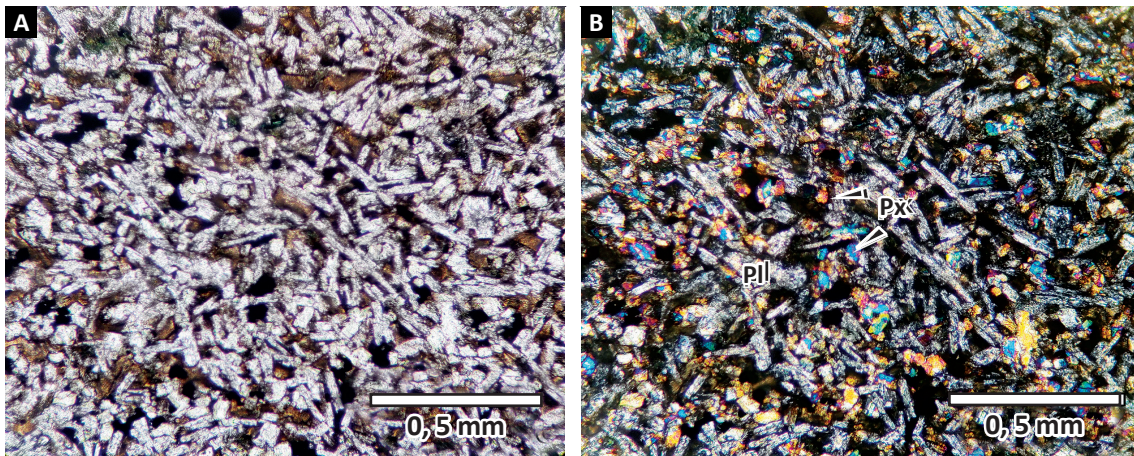
Em lâmina, ainda, é possível observar as ripas de plagioclásio muito alteradas, provavelmente há minerais do grupo da esmectitas e pequenos cristais de birrefringência média a alta de piroxênio, envoltos numa massa de minerais de alteração, além de minerais opacos. A rocha apresenta fenocristais esparsos de plagioclásio de até 1 mm de comprimento (Figura 4.12).



**Figura 4.10** - Imagens da Granada Mineração. (A) Instalações da Granada Mineração; (B) Vista a partir da bancada superior na lavra; (C) Maquinário trabalhando na frente de lavra; (D) Frente de lavra na bancada superior mostrando disjunções colunares decimétricas e zona de falha (plano de cor clara).



**Figura 4.11** - (A) Amostra PB-10A; (B) Coleta do pó de brita (PB-10C) na pilha do britador.



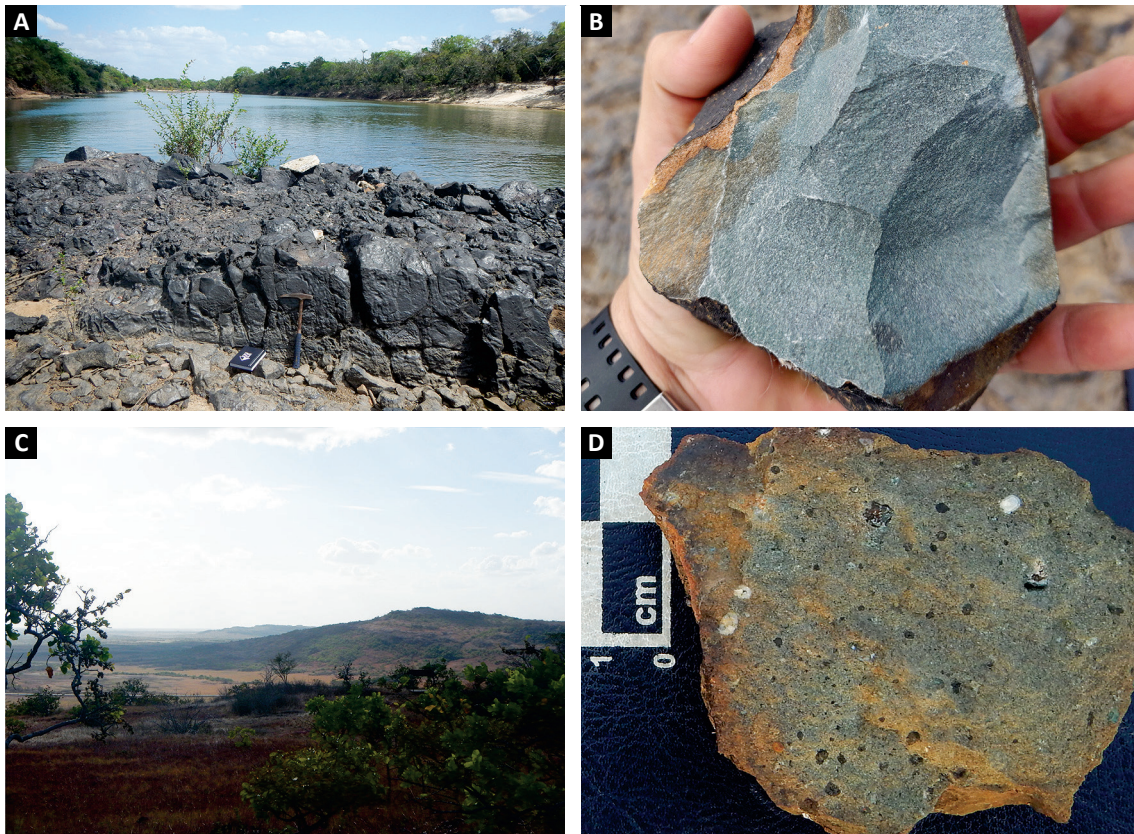
**Figura 4.12** - Fotomicrografias do basalto da Granada Mineração. (A) Notar textura equigranular intersticial, com ripas de plagioclásio alterados e piroxênios em meio à matriz (piroxênio, opacos, esmectita e outros minerais de alteração). Fotomicrografia em luz plana (LN); (B) Mesma vista em luz polarizada (LP). Abreviações: Px - piroxênio, Pl - plagioclásio.

Ao longo do anel viário de Boa Vista (Estrada do Con-torno Oeste), seguindo na direção sudoeste, em direção a capital Boa Vista-RR, até oito quilômetros de distância da Pedreira Granada Mineração, foram visitados mais quatro afloramentos, onde diferentes fácies da Formação Apoteri foram caracterizadas. O ponto de mais baixa altitude, na cota de 68 metros, apresenta-se em lajedo na margem esquerda do Rio Cauamé, um basalto maciço cinza-escuro esverdeado (PB-26) (Figura 4.13A e B). No ponto mais alto, com 181 metros, no topo de uma serra, na qual foi instalada uma antena de comunicação, foram identificados basaltos amigdaloides de coloração cinza-esverdeado, que podem representar possível topo do derrame (Figura 4.13D).

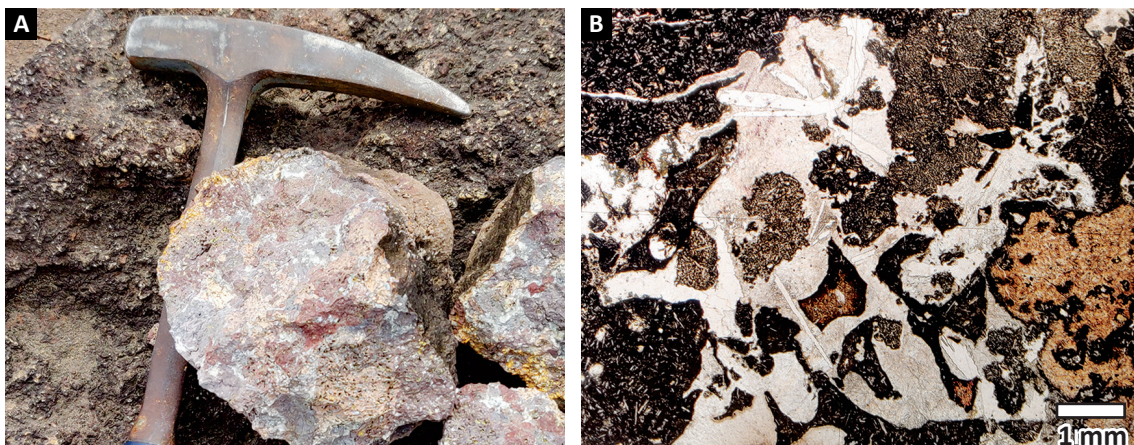
No topo da Serra do Monte Cristo, uma brecha vulcânica foi encontrada (Figura 4.14A e B), enquanto que nos outros pontos uma sucessão de basaltos maciços e amigdaloides foi descrita, correspondendo a uma provável seqüência de derrames. É importante ressaltar que os níveis amigdaloides observados eram de espessura métrica a decimétrica, intercalados a níveis de basaltos maciços, muito mais portentosos, de espessura da ordem

de dezenas de metros, de forma que os basaltos maciços são muito mais relevantes em volume que suas contrapartes amigdaloides. Os níveis amigdaloides marcam os topos dos derrames, enquanto que as porções maciças compõem as zonas centrais, que pelas estimativas de campo seriam caracterizados por zonas centrais de 40-50 m espessura e zonas amigdaloides de topo de cerca de 1 m de espessura.

Uma característica notável e comum desses basaltos são as cavidades diktitaxíticas preenchidas por argilominerais de coloração verde ou castanha (Figura 4.15 A e B), as mesmas feições foram descritas anteriormente por Bergmann & Holanda (2014). Em alguns espécimes, essas cavidades chegam a compor 10-15% do volume da rocha, formadas pela concentração de elementos voláteis durante a cristalização das fases anidras, e acabam por ser preenchidas por argilominerais do grupo das esmectitas. Análises de DRX e EDS realizadas nas amostras revelaram a composição dos filossilicatos que preenchem as cavidades, complementando as informações obtidas pela petrografia.



**Figura 4.13** - (A) Lajedo as margens do Rio Cauamé, provável zona central de derrame; (B) Amostra do basalto no lajedo; (C) Vista dos derrames basálticos, com mergulho para (NE) a partir do topo do morro da antena; (D) Basalto amigdalóide do morro da antena, provável topo de derrame.

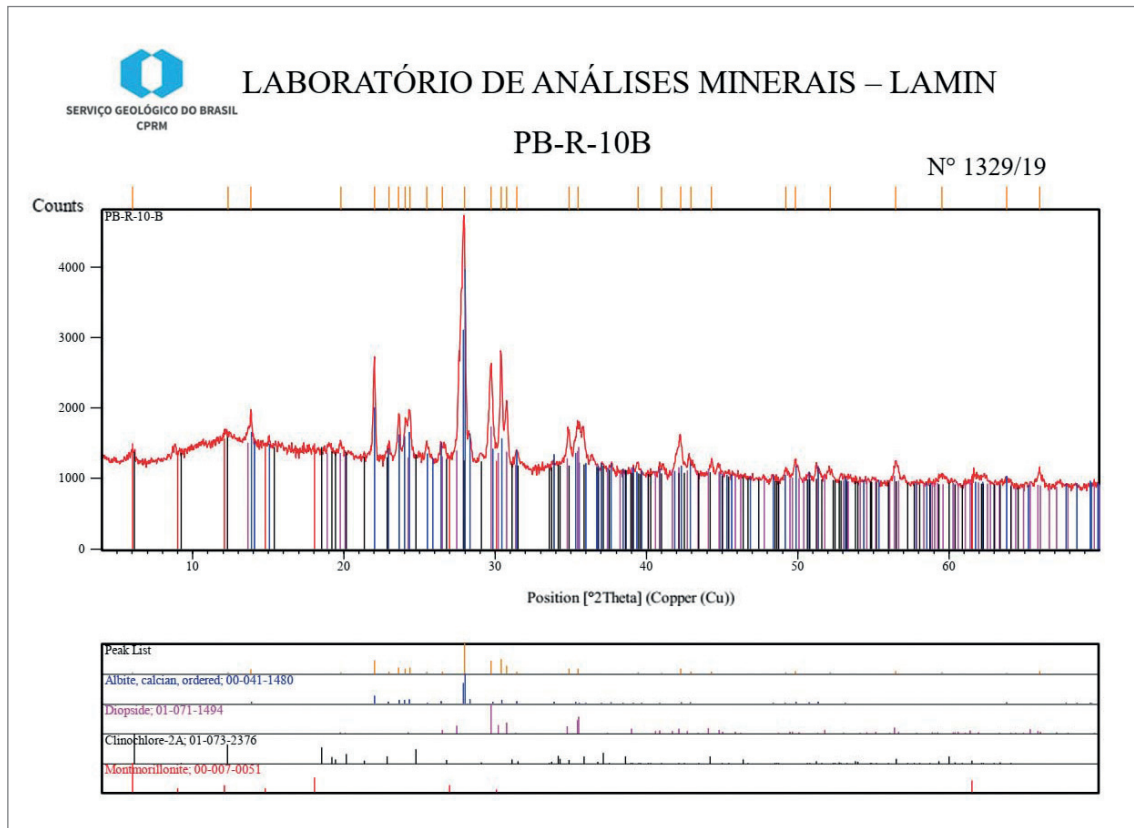


**Figura 4.14** - Brecha vulcânica do topo da Serra do Monte Cristo. (A) em amostra de mão e (B) em lâmina petrográfica.

O difratograma da amostra PB-10B (Figura 4.15) apresenta picos característicos do grupo dos minerais esmectita, clorita e vermiculita. Essa informação confirma a hipótese de que as cavidades diktitaxíticas estão preenchidas com minerais dessa família. Os plagioclásios alterados, por sua vez, não apresentaram qualquer teor de cálcio, sendo compostos apenas por sódio, alumínio, silício e oxigênio. Este fato, e também os resultados de DRX, apontando relevante teor de plagioclásio, indicam um processo de albitização dessa fase, sendo seu principal constituinte o

mineral albita (Na), provavelmente, parcialmente alterado à esmectita. Esses minerais são de grande valor para a rochagem, por serem argilas pouco intemperizadas, possuem uma maior superfície específica, o que contribui positivamente para o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

Pontos investigados pelo EDS dentro dessas cavidades diktitaxíticas demonstraram composição compatível com os minerais do grupo da clorita/esmectita (possivelmente *corrensita*), rico em ferro e magnésio.



**Figura 4.15** - Laudo com o resultado da análise de difratometria de raios X, realizada na amostra PB-10B pelo Laboratório LAMIN-MA. Amostra contém predominantemente plagioclásio, frações moderadas de piroxênio e pequenas frações de clorita/esmectita.

O cálcio existente na rocha foi identificado, majoritariamente, nos piroxênios, provavelmente augitas, ricas também em ferro e magnésio. Alguns dos opacos também foram investigados e são compostos, principalmente, por ferro porém, possuem algum teor de titânio. Investigações realizadas na vesícula representada na Figura 4.16C e D revelaram duas diferentes fases de minerais silicáticos, uma composta por cálcio e ferro (provavelmente grupo da pumpellyita) e outra composta apenas por sódio (provavelmente grupo das zeolitas - analcima), além de carbonato de cálcio e grafita (carbono e oxigênio) em pequenas proporções.

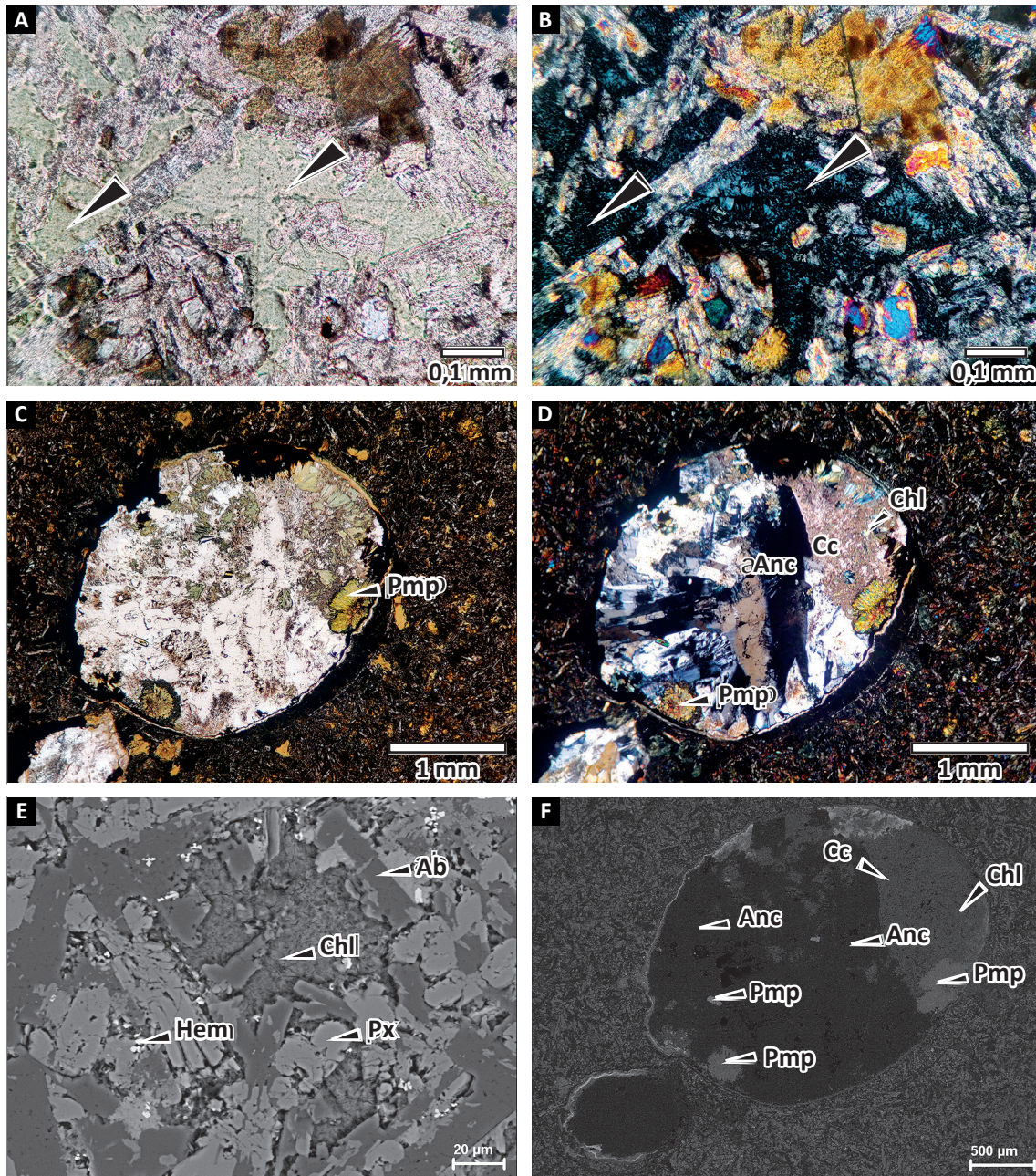
As amígdalas formadas pelo preenchimento das vesículas apresentam alguma variação de tamanho e mineralogia. Variando desde 1 milímetro até 1 centímetro de diâmetro, as mesmas são preenchidas predominantemente por zeólitas e cloritas, entretanto foram observados preenchimentos também de calcedônia, opala e calcita nessas estruturas. A exemplo, na Figura 4.16C e D, pode-se observar uma amígdala com preenchimento por zeolita e filossilicato verde (clorita), calcita, opacos e um fino halo de opala calcedonizada.

No Morro Redondo, a aproximadamente 70 km da capital Boa Vista, foi realizado um perfil geológico nas rochas da Formação Apoteri com amostragem sistemática e coleta de dados radiométricos com o auxílio

do cintilômetro (Figura 4.17). Ao longo do perfil, foi possível identificar duas sequências, caracterizadas por zona de topo amígdaloide e zona central de derrame maciça (sem amígdalas). Os dados mostram que os valores de radiação emitida na faixa correspondente ao potássio apresentaram grande correlação entre as zonas de topo amígdaloide e as zonas centrais do derrame. Os valores de radiação do potássio nos basaltos das zonas centrais do derrame ficam em torno de 1% e caem para 0,3 – 0,1% nos basaltos amígdaloide (Figura 4.17).

#### 4.2.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

Das doze amostras, foram encaminhadas para litoquímica as nove mais maciças, plotadas no diagrama Total Alkali vs. Sílica - TAS (LE BAS *et al.*, 1986) (Figura 4.18). Dessas amostras, três são provenientes da Pedreira Granada (PB-10), representadas em rosa. A amostra PB-10A foi coletada na bancada superior da lavra e a amostra PB-10B na bancada inferior, ambas na zona central do derrame explorado pela pedreira, em pontos com desnível em torno de 25 metros. A amostra PB-10C corresponde ao pó de brita coletado na pilha do britador da pedreira (círculo rosa vazado).

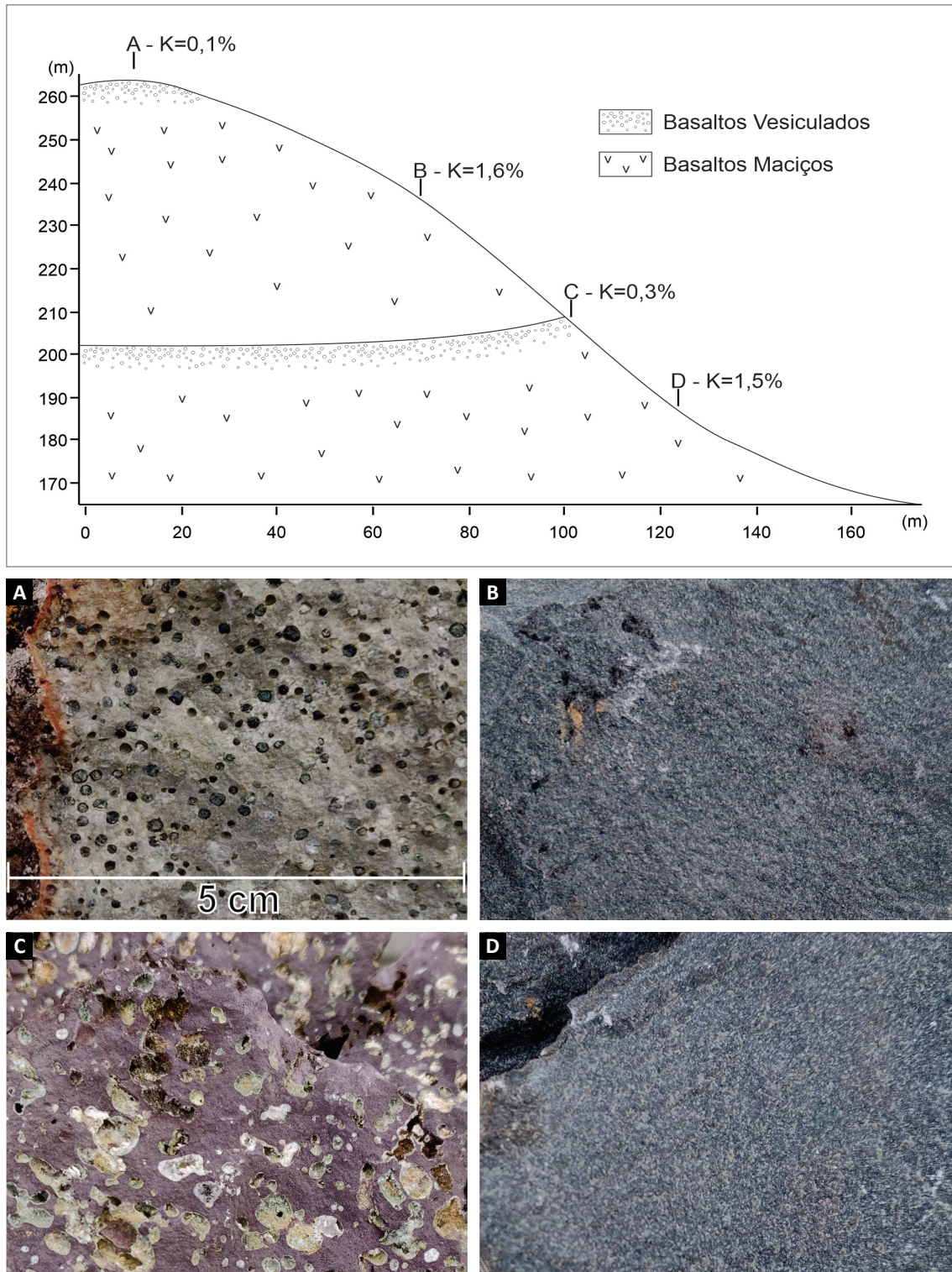


**Figura 4.16** - (A) Cavidades diktitaxíticas (indicadas pelas setas) preenchidas por mineral verde microcristalino associado ao grupo da clorita/esmectita (possivelmente *corrensita*) em luz natural; (B) Mesma vista em luz polarizada; (C) Vesícula com preenchimento por múltiplas fases minerais, em luz natural; (D) Mesma vista em luz polarizada; (E) Amostra do basalto analisado no EDS, com os pontos investigados e com a provável mineralogia: cavidade diktitaxíticas preenchida por silicato aluminoso rico em ferro e magnésio associado ao grupo da clorita/esmectita (possivelmente *corrensita*); óxido de ferro com 2-3% de Ti (hematita); piroxênio rico em Ca, Fe e Mg; ripa de plagioclásio sódico alterado (albita/esmectita); (F) Diversos pontos investigados pelo MEV (EDS), com as prováveis mineralogias: silicato rico em Ca e Fe (pumpellyita); zeólita sódica (analcima); mineral do grupo da clorita/esmectita rica em Fe e Mg (possivelmente *corrensita*). Abreviações: Pmp - pumpellyita, Chl - clorita, Anc - analcima, Cc - carbonato de cálcio, Ab - albita, Px - piroxênio, Hem - hematita.

A amostra PB-12B (em vermelho) corresponde a um basalto com amígdalas muito espaçadas, que foi coletado na Serra do Monte Cristo, uns 15 metros abaixo da brecha vulcânica de topo (PB-12A). As amostras representadas em verde são referentes ao Morro Redondo (PB-16B e PB16D). O ponto em azul representa a amostra PB-26 correspondendo ao lajedo no Rio Cauamé,

enquanto que as duas amostras em ciano correspondem ao ponto PB-27 (A), coletada no topo e (C) dez metros abaixo do mesmo, ambas muito semelhantes e pouco amígdaloides.

Os resultados também demonstram que metade das amostras atende integralmente aos critérios químicos da norma para remineralizadores de solos (IN 05/2016).

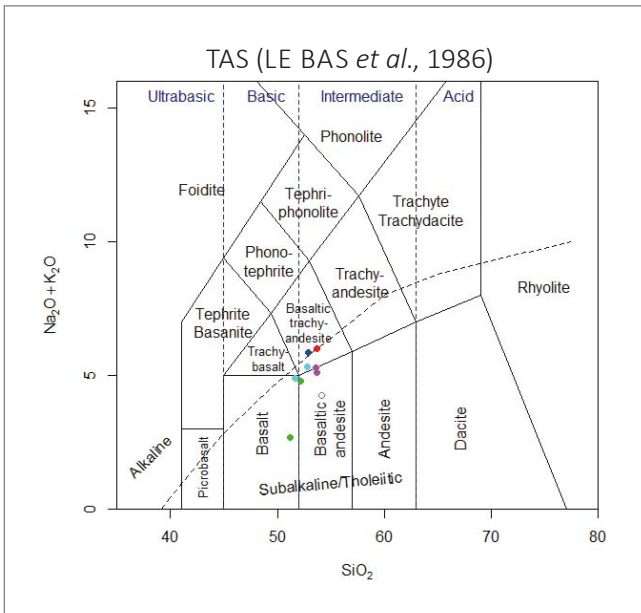


**Figura 4.17** - Perfil esquemático da seção observada na estação PB-16 e os respectivos valores de K% medidos com cintilômetro e abaixo uma visão macroscópica dos quatro espécimes coletados.

Apenas a amostra PB-16C, um basalto amigdalóide do topo do derrame inferior do Morro Redondo, não atingiu os 9% em SB ficando, ainda assim, dentro do limite de tolerância de 10% para menos nesse quesito. Em relação ao nível de  $K_2O$ , os basaltos maciços, claramente, possuem mais altos teores ficando, em sua maioria, próximos, um pouco acima ou dentro do limite de tolerância

de 25% para o quesito. Um destaque incomum é o basalto do Rio Cauamé, que apresentou 3,25% de  $K_2O$ , causado, talvez, pelo lajedo estar imerso no leito do rio, sendo o potássio um elemento extremamente móvel e facilmente transportado pelas águas, o que requer atenção e uma reamostragem para avaliar a consistência desse teor anômalo (Tabela 4.2).





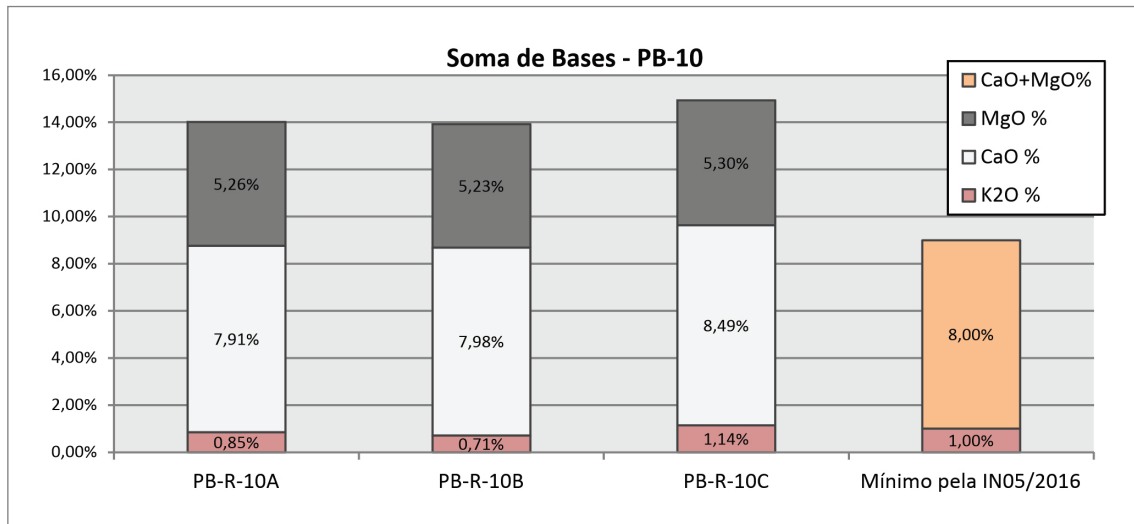
**Figura 4.18** - Classificação das amostras da Formação Apoteri com emprego do diagrama TAS (LE BAS *et al.*, 1986). Onde estão representadas: em rosa, as amostras maciças da Pedreira Granada (PB-10A andesito basáltico e PB-10B traquiandesito basáltico e PB-10C do pó de brita representado por círculo rosa vazado); em vermelho, a amostra coletada na Serra de Monte Cristo (PB-12B traquiandesito basáltico, pouco amigdalóide); em verde, as amostras maciças do Morro Redondo (PB-16B andesito basáltico e PB-16D basalto); em azul, amostra do Rio Cauamé (PB-26 traquiandesito basáltico); e em ciano, amostras do ponto PB-27 (PB-27A basalto - topo e PB-27C traquiandesito basáltico, pouco amigdalóides).

No que diz respeito aos elementos potencialmente tóxicos, todas as amostras apresentam teores muito baixos nas análises realizadas, o que indica uma ampla margem de segurança na utilização do pó das rochas no solo. Por fim, a maioria das rochas apresentou teores declaráveis de quatro micronutrientes: silício, ferro, cobalto e manganês. Os teores de cobalto, em sua maioria, não atingiram o exigido de cinquenta ppm, porém, ficaram muito próximos dele, caracterizando-se como dentro dos limites de tolerância para elementos declaráveis.

As mais importantes amostras no contexto da Formação Apoteri são, sem dúvida, as da Pedreira Granada, por toda infraestrutura de beneficiamento e logística instalada na lavra (Figura 4.19). Ainda que as duas amostras da rocha coletadas não tenham alcançado os teores de K<sub>2</sub>O exigidos pela IN 05/2016, a amostra do pó de brita (PB-10C) apresentou teores que superam as exigências, uma amostragem sistemática e adensada poderia ajudar na caracterização dessas porções mais ricas em K<sub>2</sub>O que estão contribuindo para os teores mais altos detectados no pó da rocha. Entretanto, ainda é importante destacar que além da norma para remineralizadores de solos, caso essas rochas apresentem resultados agrônômicos positivos, podem ter potencial para obter registro para produto agrícola como material secundário (subproduto) ou fertilizante mineral simples (IN 39/2018) fonte dos macronutrientes Ca e Mg, além dos micronutrientes Si, Fe, Mn e Co.

**Tabela 4.2** - Resultados das análises litoquímicas das amostras da Formação Apoteri, onde: PB-10A (andesito basáltico), PB-10B (traquiandesito basáltico), PB-10C (pó de brita), PB-12A (brecha vulcânica de topo), PB-12B (traquiandesito basáltico, pouco amigdalóide), PB-16A (basalto amigdalóide); PB-16B (andesito basáltico); PB-16C (basalto amigdalóide de topo), PB-16D (basalto), PB-26 (traquiandesito basáltico), PB-27A (basalto de topo, pouco amigdalóide) e PB-27C (traquiandesito basáltico, pouco amigdalóide).

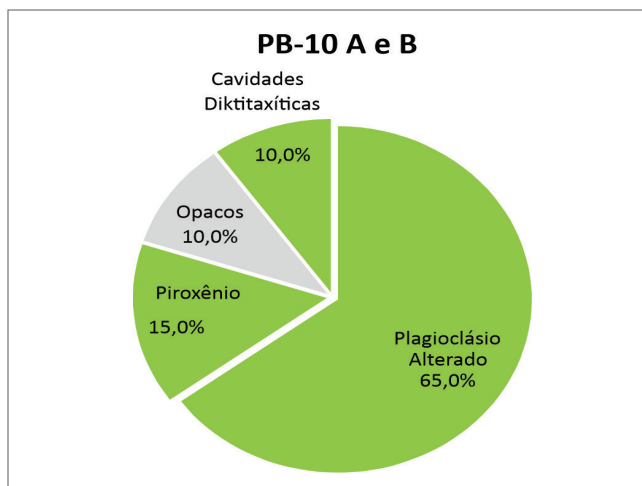
AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES			
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO	Mn
	%					ppm				%		ppm	
PB-R-10A	7,91	0,85	5,26	<b>14,02</b>	0,17	<1	0,08	<0,01	3,5	<b>52,9</b>	<b>8,47</b>	44,7	<b>1471,83</b>
PB-R-10B	7,98	0,71	5,23	<b>13,92</b>	0,18	<1	0,08	<0,01	4	<b>53,3</b>	<b>8,61</b>	45	<b>1394,37</b>
PB-R-10C	8,49	<b>1,14</b>	5,3	<b>14,93</b>	0,17	<1	0,11	<0,01	4,9	<b>53,5</b>	<b>8,47</b>	45,4	<b>1394,37</b>
PB-R-12A	8,73	0,36	1,92	<b>11,01</b>	0,13	<1	0,05	<0,01	5,4	<b>54,6</b>	<b>6,818</b>	20,1	929,58
PB-R-12B	6,91	<b>1,49</b>	5,91	<b>14,31</b>	0,14	<1	0,25	<0,01	4,8	<b>52,4</b>	<b>7,7</b>	42,8	<b>1239,44</b>
PB-R-16A	9,89	0,04	6	<b>15,93</b>	0,13	<1	0,05	<0,01	2,2	<b>49,7</b>	<b>6,895</b>	40,3	<b>1084,51</b>
PB-R-16B	8,46	<b>1,76</b>	7,84	<b>18,06</b>	0,12	<1	0,06	0,01	4,9	<b>50,5</b>	<b>7,14</b>	45,3	<b>1316,90</b>
PB-R-16C	4,5	0,04	3,71	<b>8,25</b>	0,17	<1	<0,02	0,01	2,4	<b>54,1</b>	<b>8,82</b>	29,7	929,58
PB-R-16D	11	0,69	8,25	<b>19,94</b>	0,12	<1	0,06	0,02	2,9	<b>50,9</b>	<b>7,14</b>	45,1	<b>1316,90</b>
PB-R-26	6,92	<b>3,25</b>	5,46	<b>15,63</b>	0,17	1	0,19	<0,01	5,8	<b>51,7</b>	<b>8,54</b>	<b>53,4</b>	<b>3795,77</b>
PB-R-27A	7,68	<b>1,47</b>	6,73	<b>15,88</b>	0,11	<1	0,05	<0,01	2,9	<b>50,9</b>	<b>7,14</b>	45,7	<b>1316,90</b>
PB-R-27C	9,1	<b>1,57</b>	7,25	<b>17,92</b>	0,1	<1	0,06	0,01	3,9	<b>50,2</b>	<b>6,895</b>	46,7	<b>1239,44</b>



**Figura 4.19** - Soma de bases das amostras coletadas na Pedreira Granada em comparação com os requisitos mínimos exigidos pela norma para reminearizadores de solos, IN 05/2016 do MAPA.

Quanto à mineralogia, as amostras de basalto da Formação Apoteri são formadas, em sua ampla maioria, por plagioclásio e piroxênio (Figura 4.20), minerais reativos em solos. Além disso, foram caracterizadas 10% de domínios de cavidades diktitaxíticas, portadoras de argilominerais de camada 2:1, de grande capacidade de troca catiônica (CTC), o que contribui para a melhoria da retenção de nutrientes nos solos.

Nos termos amigdaloides da Formação Apoteri, nota-se que a mineralogia predominante de preenchimento é formada por cloritas e zeólitas. As cloritas são filossilicatos fontes de magnésio, já as zeólitas são alumino-silicatos hidratados, com alta superfície específica, alta capacidade de troca catiônica (150-300 cmol/kg) e seletividade por íons de  $NH_4^+$  e  $K^+$  (VAN STRAATEN, 2007). Nos basaltos amigdaloides estudados, a porcentagem de cavidades preenchidas fica em torno de 20% do total da rocha.



**Figura 4.20** - Resultado modal obtido através do estudo petrográfico das lâminas PB-10 A e B.

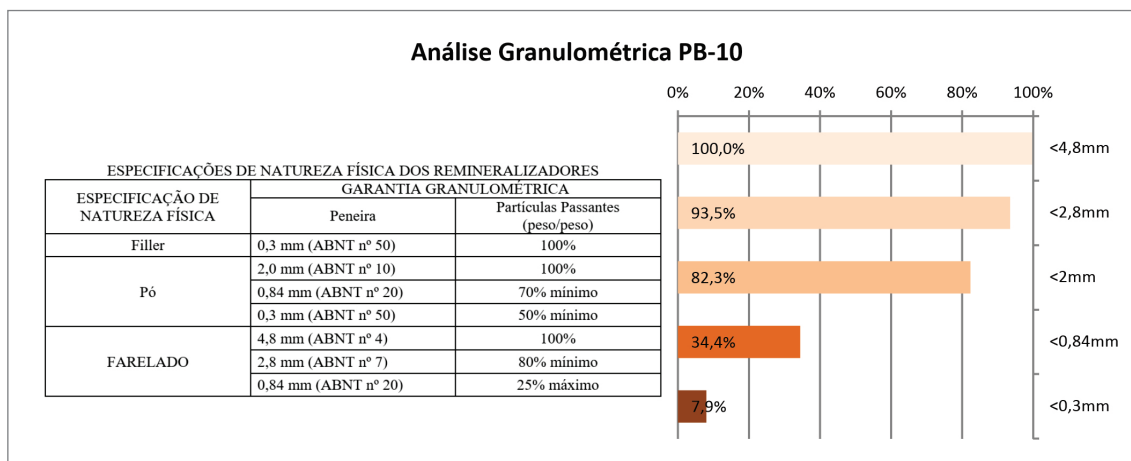
Análises granulométricas foram realizadas no pó de brita da Pedreira Granada e os resultados demonstram que o arranjo produtivo da planta favoreceu em muito a formação de partículas entre 2 e 0,84 mm, sendo essa fração quase 50% do pó de brita na amostra analisada. Como exemplo, para o enquadramento na norma e a utilização desse material com o mínimo de investimento possível, pode ser realizado um peneiramento a 0,42 mm (ABNT no 40), o que resultaria em 14,2% de pó e 85,8% de farelado, ambos dentro das especificações de garantia granulométrica e com boa margem de segurança (Figura 4.21).

Estudos agrônômicos de incubação de solo foram conduzidos com as rochas da Formação Apoteri por Melo *et al.* (2012). No artigo os autores utilizaram rochas da Pedreira da Granada Mineração em latossolo amarelo distrófico, desenvolvido sobre a Formação Boa Vista, em diferentes doses, variando entre 0,85 e 50 t/ha, moídas em granulometria menor que 0,053 mm.

O estudo observou resultados relevantes, principalmente nas dosagens mais altas, obtendo um aumento de pH de 4,8 para 5,5 na dose de 50 t/ha, além da diminuição da acidez potencial e importantes incrementos nos teores de cálcio, magnésio, zinco e cobre no solo, concluindo que o pó da rocha basáltica pode ser utilizado como uma fonte alternativa de fertilização.

### 4.3. GRUPO IRICOUMÉ E PROSPECTOS VISITADOS

O Grupo Iricoumé é constituído por uma série de rochas efusivas ácidas a intermediárias, de idade orisiriana que afloram no escudo das Guianas e apresentam notável estado de preservação. Na literatura são descritos desde riolitos, riodacitos e traquitos félsicos até basaltos andesíticos, além de tufos e ignimbritos (PIEROSAN *et al.*, 2011; MARQUES *et al.*, 2014).



**Figura 4.21** - Imagem da tabela de classificação de diferentes tipos de produtos segundo a granulometria da IN05/2016 (BRASIL, 2016a) e análise granulométrica em amostra do pó de brita da Pedreira Granada (elaborada pela equipe do projeto).

As rochas estudadas nesse trabalho correspondem àquelas aflorantes na lavra da Pedreira Samaúma, em Presidente Figueiredo (AM), e próximo à barragem da Usina Hidroelétrica de Jatapú, onde situa-se uma pedreira desativada no município de Caroebe - RR.

A **Pedreira Samaúma** localiza-se a leste da BR-174, no ramal que leva à comunidade Mundo Novo, a cerca de 190 km de Manaus. O empreendimento abastece o mercado da capital e seus produtos são aplicados na concretagem e em usinas de asfalto. A pedreira produz desde pó de brita até brita 2 e, geralmente, opera extraíndo 5000 m<sup>3</sup>/mês de rocha. O seu processo de britagem resulta em 50% de brita 1; 30% de brita 0 e 20% de pó de brita (Figura 4.22).

Todas as frações de brita produzidas no processo de moagem atendem ao mercado local e não há descartes de finos de britagem. A lavra explora rocha vulcânica porfirítica, de matriz afanítica e coloração rosa-acinzentada, com venulações milimétricas de coloração esverdeada (Figura 4.23). Apresenta fenocristais de quartzo arredondados com cerca de 2 mm e fenocristais de feldspato prismáticos de até 4 mm, com coloração esbranquiçada e, por vezes, esverdeados no núcleo e avermelhados nas bordas.

Em lâmina delgada, é possível observar a matriz afanítica e félsica da rocha, e o avançado grau de sericitização dos fenocristais de feldspato potássico e plagioclásio. Em petrografia modal, apurou-se que apenas 3% da rocha é composta por fenocristais de quartzo, além do predomínio de matriz afanítica (~80%). As vênulas, como é possível observar no canto superior esquerdo demonstrado na Figura 4.24 C, apresentam coloração verde forte, em material afanítico preenchendo as mesmas, o que indica presença de epidoto microcristalino.

A realização de análises de DRX complementares à petrografia concluiu a caracterização da mineralogia da amostra.

Foi identificado quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, além de pequenas frações de caulinita e esmectita, minerais de alteração (Figura 4.25).



**Figura 4.22** - Imagens da Pedreira Samaúma, próxima à comunidade de Mundo Novo no estado do Amazonas. (A) instalações da Pedreira e (B) frente de lavra em atividade.

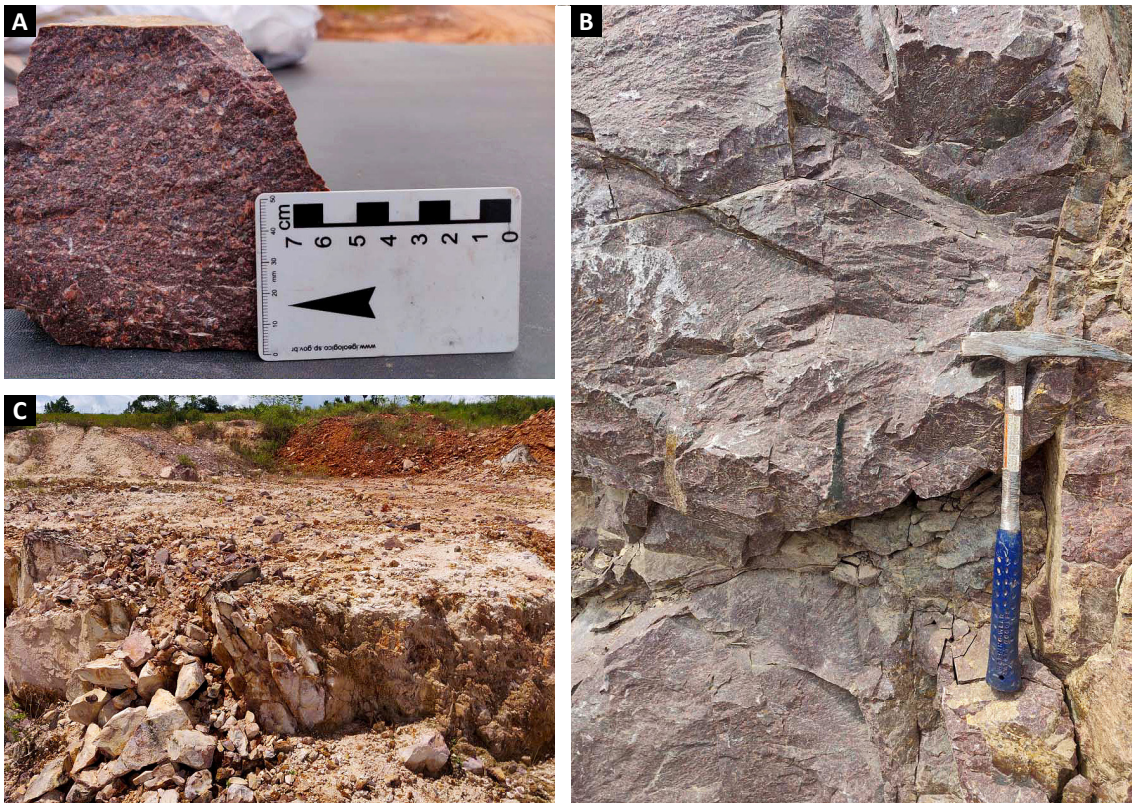


Figura 4.23 - (A) Amostra PB-05A (riolito); (B) Rocha na frente de lava; (C) Saprólito da rocha, branco e pulverulento.

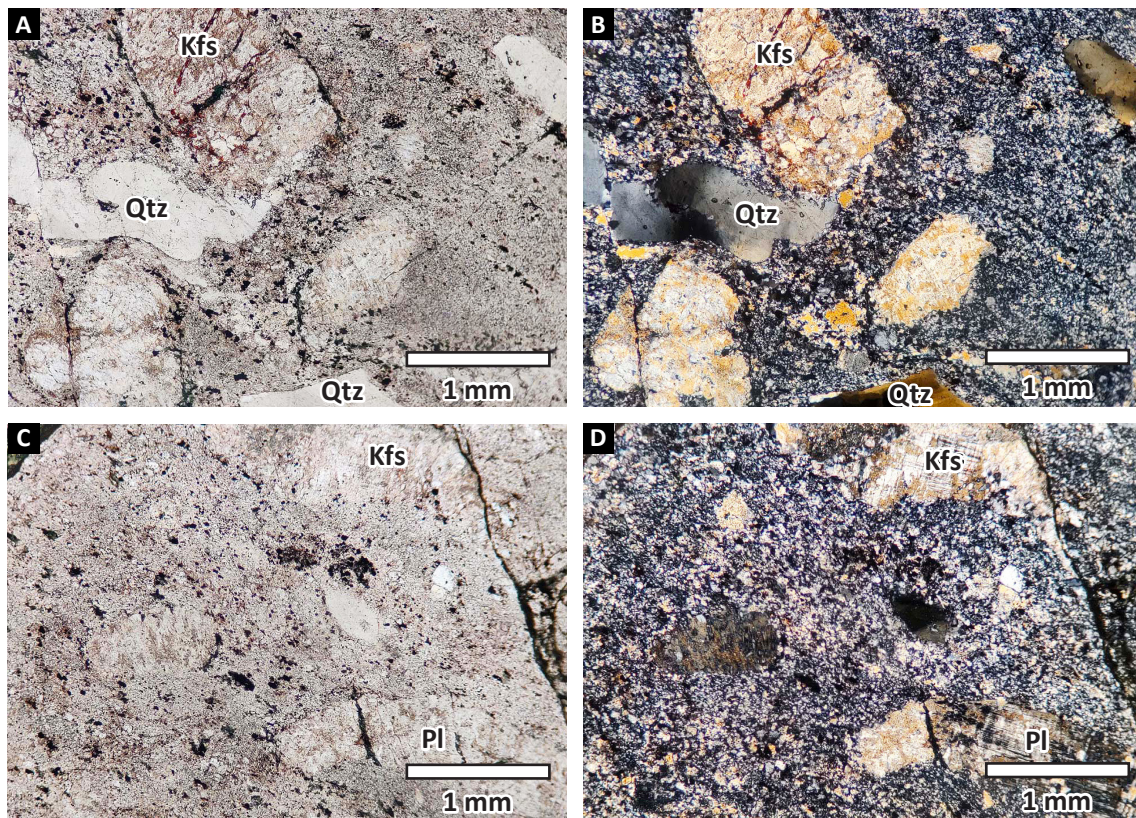
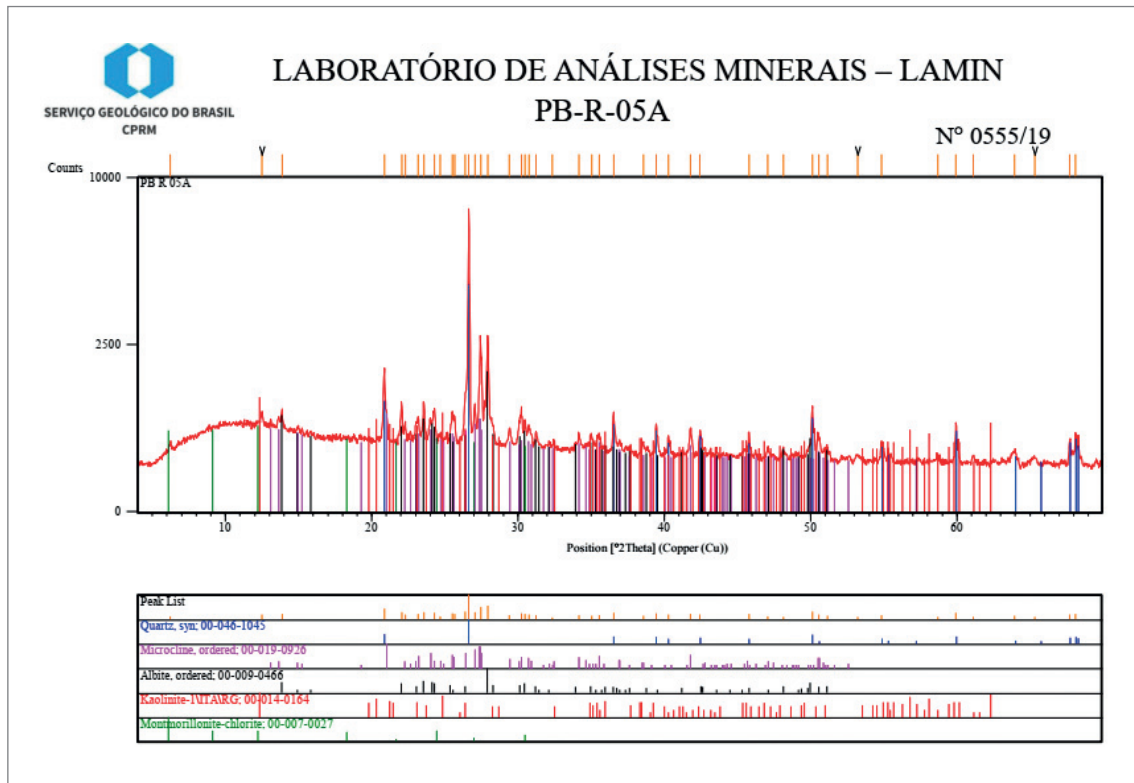


Figura 4.24 - Fotomicrografia da amostra de riolito (PB-05B): (A) e (B) mesma vista de (A) em LP onde é possível notar os porfirocristais de quartzo e feldspato potássico em meio a matriz; (C) e (D) mesma vista de (C) em LP, onde é possível observar a fenocristais de feldspatos alterados em meio a matriz afanítica.

Abreviações: Qtz – quartzo, Kfs – feldspato potássico, Pl – plagioclásio.



**Figura 4.25** - Análise de difratometria de raios X realizada na amostra PB-05A pelo Laboratório LAMIN-MA. A amostra contém predominantemente quartzo, feldspato potássico e plagioclásio. Frações pequenas de caulinita e esmectita.

Outras amostras de rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé foram encontradas na Usina Hidroelétrica do Jatapu (Caroebe - RR), coletadas em afloramento num lajedo e em blocos na margem esquerda do Rio Jatapu, imediatamente a jusante do vertedouro da represa homônima (Figura 4.26). Foram analisadas duas das amostras que correspondem aos litotipos mais representativos observados em campo. A primeira amostra era um andesito traquibasáltico (TM-R-010-A), encontrada nos blocos dispersos sobre o lajedo, de matriz afanítica, coloração cinza-escuro esverdeada, de aspecto maciço, com fenocristais de plagioclásio alongados com cerca de 1 a 2 cm de comprimento. Esses fenocristais não exibem orientação aparente e têm coloração bege-esverdeada. A segunda amostra era um traquidacito (TM-R-010-B), observada *in situ* no lajedo e nos blocos dispersos, apresenta uma matriz afanítica de mesma coloração com tom mais escuro (cinza muito escuro esverdeado) onde dificilmente se distingue os fenocristais.

Em lâmina delgada, fica clara a diferença entre as duas amostras de rochas vulcânicas analisadas (TM-10A e TM-10B), a primeira é formada predominantemente por ripas de plagioclásio de até 1 mm de comprimento e cavidades diktitaxíticas preenchidas por minerais verdes microcristalinos, provavelmente filossilicatos. A rocha apresenta, ainda, piroxênio, apatita e opacos em menores quantidades. A amostra TM-10B apresenta-se predominantemente formada por matriz microcristalina, com fenocristais

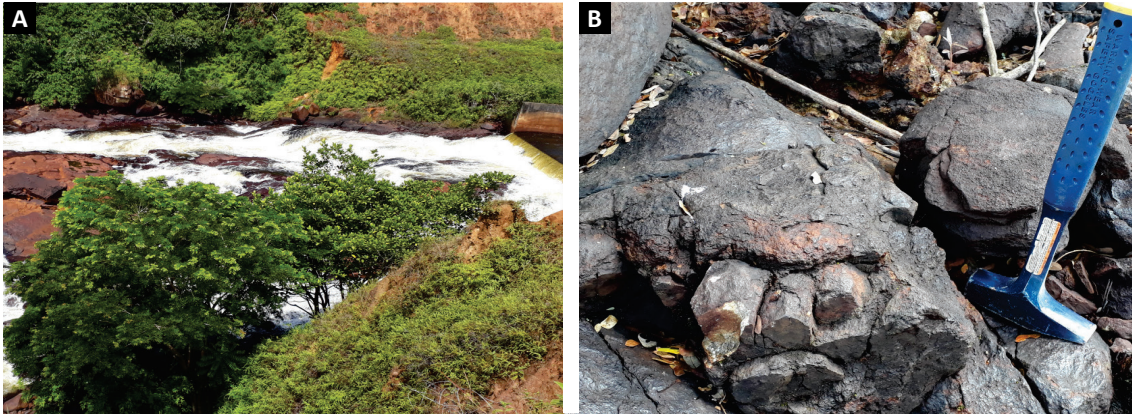
(de até 2 mm) de plagioclásio predominantemente, com cristais de piroxênio (0,1mm) e opacos (Figura 4.27).

#### 4.3.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

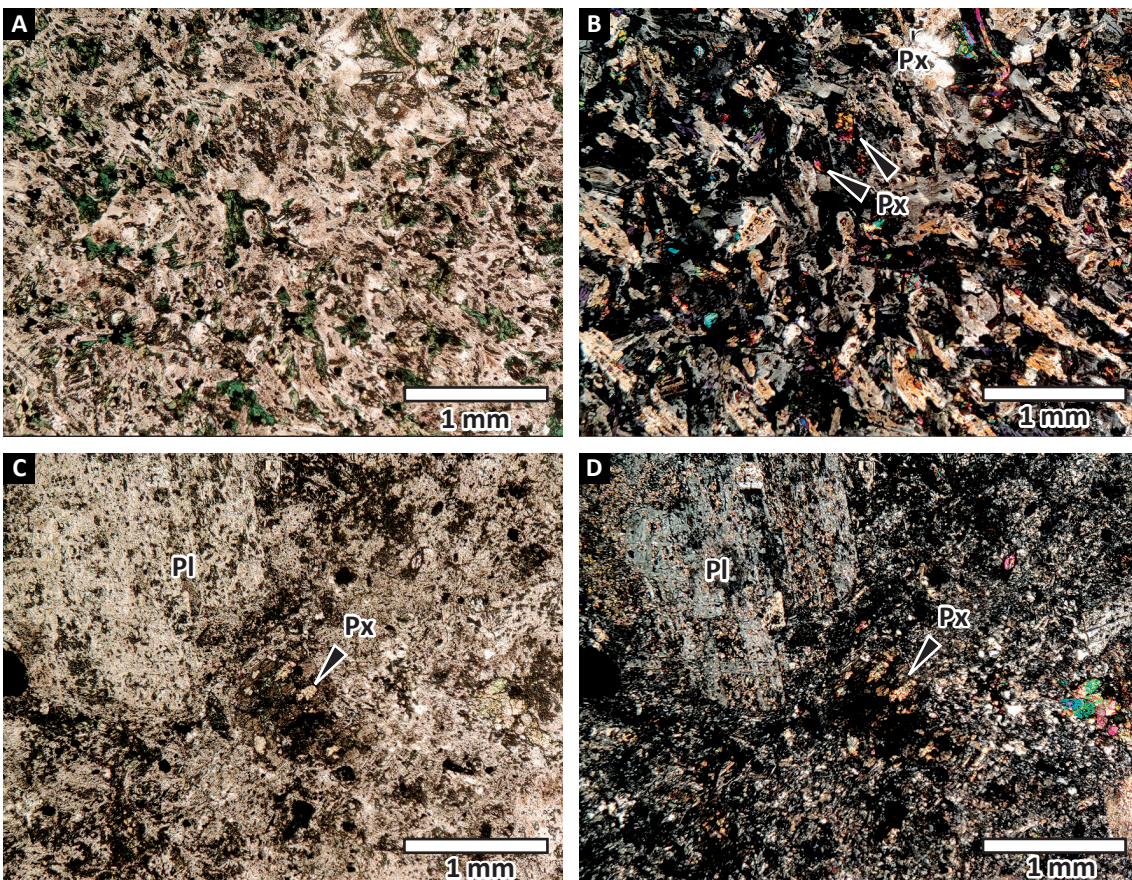
Através dos dados obtidos pelas análises litoquímicas nas amostras do Grupo Iricoumé e com o emprego no diagrama Total-Alcali vs. Sílica-TAS (LE BAS *et al.*, 1986) (Figura 4.28), foi possível classificar as rochas. Das amostras, duas são provenientes da Pedreira Sumaúma (rocha e pó de rocha - círculo vermelho), classificadas como riolíticas, enquanto as rochas do afloramento da Hidroelétrica Jatapú em Caroebe – RR (em verde), apresentam classificação basáltico-alcalina, plotando no campo dos andesitos traquibasálticos (TM-10A) e dos traquidacitos (TM-10B).

Com os resultados das análises foi possível quantificar macronutrientes, micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos nas amostras coletadas no Grupo Iricoumé (Tabela 4.3): amostra da rocha na frente de lavra da Pedreira Samaúma (PB-05A); amostra do pó de brita coletado diretamente da pilha em produção < 4 mm (PB-05C) e (TM 10A e 10B) coletadas nos afloramentos da Represa Jatapú.

As rochas analisadas correspondem às diferentes fácies do Grupo Iricoumé porém, de modo geral, guardam semelhança em relação aos baixos teores de elementos potencialmente tóxicos (EPT).



**Figura 4.26** - Imagens do afloramento da amostra TM-10B, as margens da Represa Jatapú.

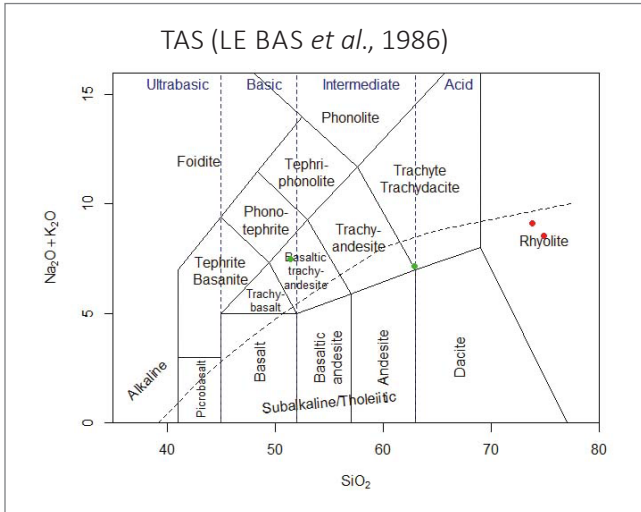


**Figura 4.27** - Fotomicrografias da amostra de rocha vulcânica (lâmina TM-10A), com (A) em luz plana e (B) mesma visada de (A) em LP, onde é possível notar cristais de piroxênios e fenocristais de plagioclásio em meio a matriz. Fotomicrografias da amostra de rocha vulcânica (lâmina TM-10B), com (C) em luz plana e (D) mesma visada de (C) em LP, onde se observa fenocristais de plagioclásio muito alterados em meio a matriz (piroxênios e plagioclásios).  
Abreviações: Pl – plagioclásio, Px - piroxênio.

Somado ao fato de apresentarem poucos fenocristais de quartzo na contagem modal (sílica livre), permite que sejam enquadradas na norma dos remineralizadores, conforme é possível observar na Figura 4.29.

É importante considerar que as rochas afaníticas são mais suscetíveis à liberação de nutrientes ao sistema solo-planta, tendo em vista que o rápido resfriamento da matriz vulcânica não permite a organização de retículos cristalinos coesos e bem

desenvolvidos e que a textura fina das fases minerais facilita os processos alteração. Apesar da soma de base (SB) ter sido abaixo do desejável, conforme especificado na Figura 4.30, no caso dos riolitos da Pedreira Samaúma, essa matriz quartzo-feldspática abundante e pouco desenvolvida poderia ser testada com o intuito de determinar, por meio de testes de campo ou em vaso, seu potencial para liberação de potássio e silício presentes em grandes quantidades na rocha.



**Figura 4.28** - Classificação das amostras do Grupo Iricoumé determinada a partir do diagrama Total-Alcali vs. Sílica-TAS (LE BAS *et al.*, 1986). Em vermelho, amostras da Pedreira Samaúma PB-R-05A (riolito) e PB-R-05C (pó de brita); em verde amostras da Represa Jatapú TM-R-10A (andesito traquibasáltico) TM-R-10B (traquidacito).

Apesar de pouco atrativo do ponto de vista da SB e micronutrientes, esse prospecto conta com a vantagem de ser, atualmente, explorado na Pedreira Samaúma, onde há infraestrutura para britagem e transporte do pó de rocha (Figura 4.22). Em contrapartida, as rochas encontradas na Represa Jatapú, em Caroebe, andesito traquibasáltico (TM-10A) e traquidacito (TM-10B), não encontram na norma, perante os parâmetros químico-mineralógicos, obstáculos à sua utilização. Seus problemas são de ordem logística, pois não são exploradas em nenhum empreendimento em funcionamento, apesar de terem sido explotadas em uma pedreira próxima à represa, utilizada para a construção da mesma e há muito tempo desativada, a qual as equipes não tiveram acesso.

É importante ressaltar os significativos teores de fósforo (1,09% de  $P_2O_5$ ) observados nos resultados analíticos de TM-10A. O fósforo é um macronutriente de extrema importância para o desenvolvimento das plantas e, entre as rochas estudadas pelo projeto, essa é a única que porta esse elemento em teores declaráveis pela IN 05/2016.

**Tabela 4.3** - Resultados de análises litoquímicas obtidos nas amostras do Grupo Iricoumé, onde: PB-R-05A (riolito), PB-R-05C (pó de brita), TM-R-10A (andesito traquibasáltico) e TM-R-10B (traquidacito).

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES		
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
	%					ppm				%		ppm
PB-R-05A	0,78	<b>5,35</b>	0,22	6,35	0,03	<1	0,12	0,02	23,7	<b>73,5</b>	<b>1,88</b>	542,25
PB-R-05C	0,8	<b>5,2</b>	<0.1	6	0,03	2	0,23	0,03	22,7	<b>74,3</b>	<b>1,90</b>	619,72
TM-R-10A	6,49	<b>2,74</b>	3,23	<b>12,46</b>	<b>1,09</b>	<1	0,19	0,01	7,9	<b>50,2</b>	<b>7,35</b>	<b>1316,90</b>
TM-R-10B	4,21	<b>3,8</b>	2,89	<b>10,9</b>	0,2	<1	0,04	<0.01	18,4	<b>62,3</b>	<b>4,20</b>	774,65

#### 4.4. GRUPO SURUMU

O Grupo Surumu reúne fluxos piroclásticos ácidos a intermediários e rochas vulcânicas extrusivas (lavas), que recobrem a porção norte do estado de Roraima, servindo de substrato às rochas sedimentares do Supergrupo Roraima (REIS & RAMOS, 2016). No projeto, as rochas estão representadas por amostras coletadas 15 km a sul da cidade de Uiramutã - RR, aflorando em morrotes, lajedos e cortes de estrada representativos da unidade.

Nos afloramentos observados, a rocha apresenta-se, majoritariamente, como uma metavulcânica de coloração cinza-esverdeado, porfírica, com fenocristais de feldspato milimétricos em matriz afanítica e uma foliação incipiente com mergulho à S-SW de alto ângulo (70-80°). Por vezes, os afloramentos são constituídos por morros, onde a rocha aflora sendo retrabalhada pela erosão associada à foliação de alto ângulo (Figura 4.31).

Na análise petrográfica, observa-se que a rocha é formada por matriz afanítica foliada e apresenta fenocristais milimétricos de plagioclásio euédricos a subédricos, muito sericitizados. Há também minerais opacos que parecem ocupar espaços deixados pela fração máfica alterada da rocha, além de algum quartzo anédrico e diminuto, imerso na matriz (Figura 4.32).

##### 4.4.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

Através dos dados litoquímicos de cinco amostras, que foram plotados no diagrama Total-Alcali vs. Sílica - TAS (LE BAS *et al.*, 1986) (Figura 4.33), as rochas do Grupo Surumu foram classificadas como traquiandesitos e traquidacitos. A Tabela 4.4 demonstra os teores obtidos para macronutrientes, micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos nas amostras de rochas da unidade.

Os resultados das análises litoquímicas demonstram que as rochas desse grupo, apesar dos apreciáveis teores de potássio (K<sub>2</sub>O), não atendem ao quesito de soma de bases, sendo a amostra PB-32 a única a alcançar o valor de tolerância de 10% indicado na norma (Tabela 4.4 e Figura 4.34).

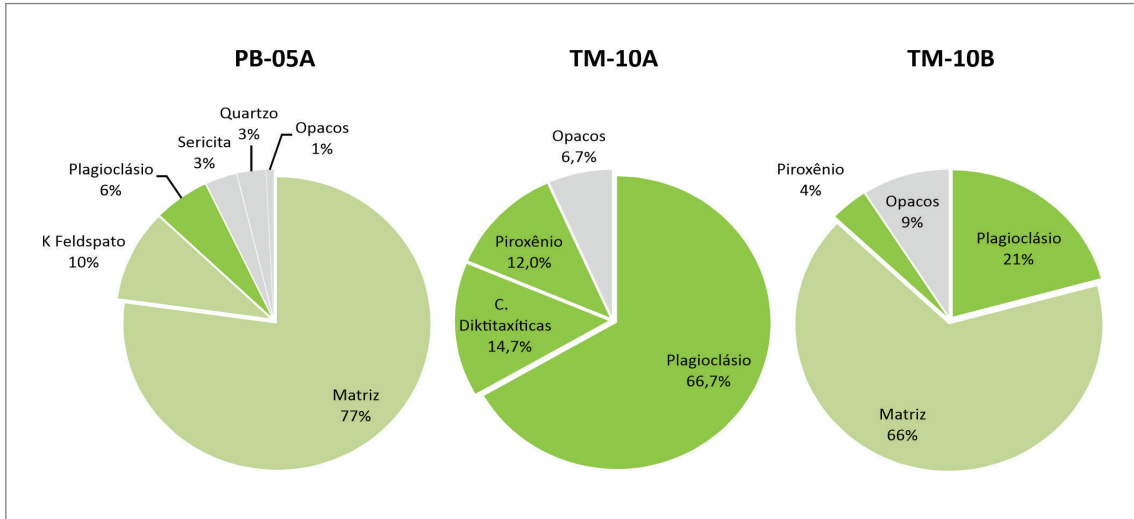


Figura 4.29 - Modal obtida através da análise petrográfica das lâminas das amostras PB-05A, TM-10A e TM-10B.

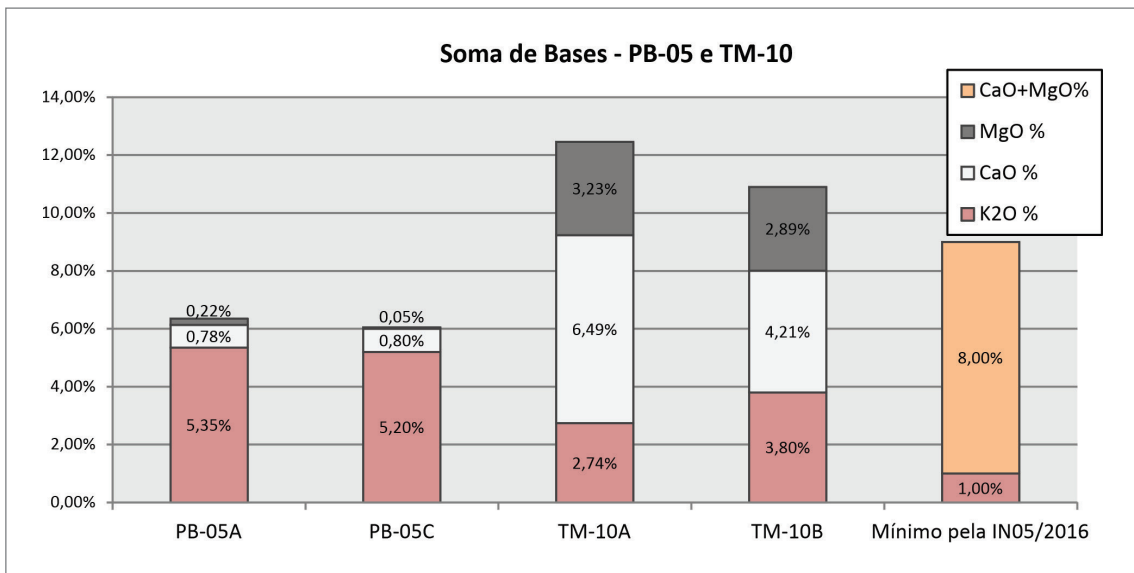


Figura 4.30 - Soma de bases das amostras coletadas na Pedreira Samaúma e na Represa Jatapé, em comparação com os requisitos mínimos exigidos pela norma para remineralizadores de solos, IN 05/2016 do MAPA.

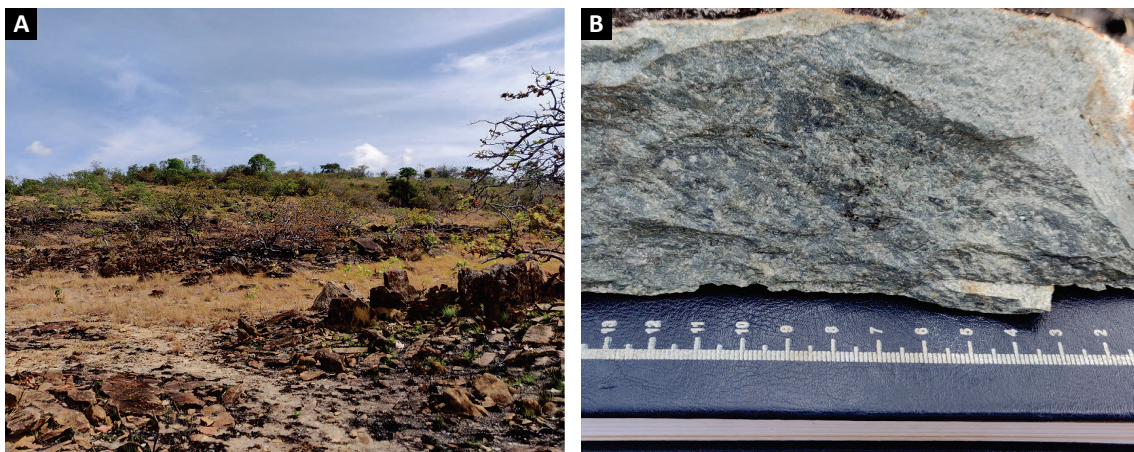
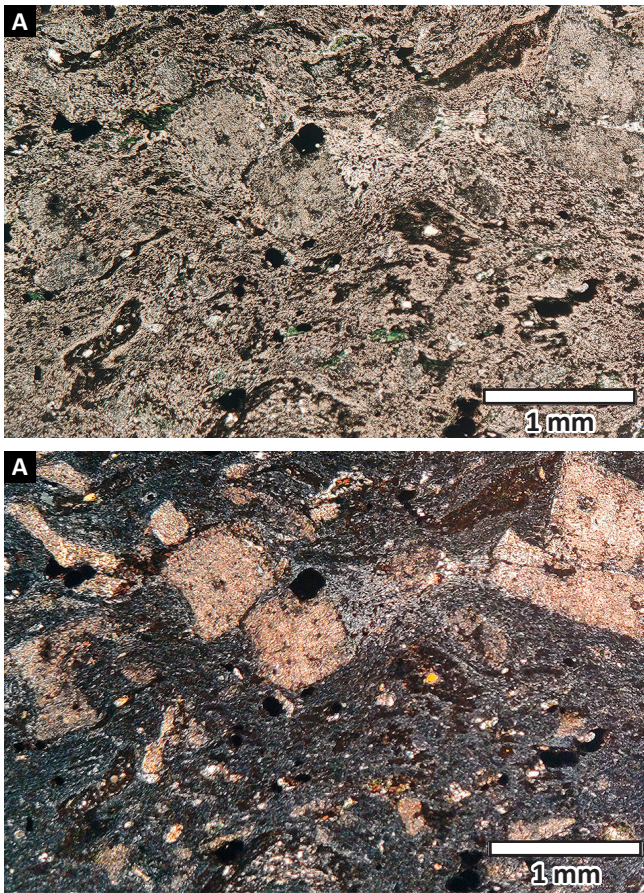
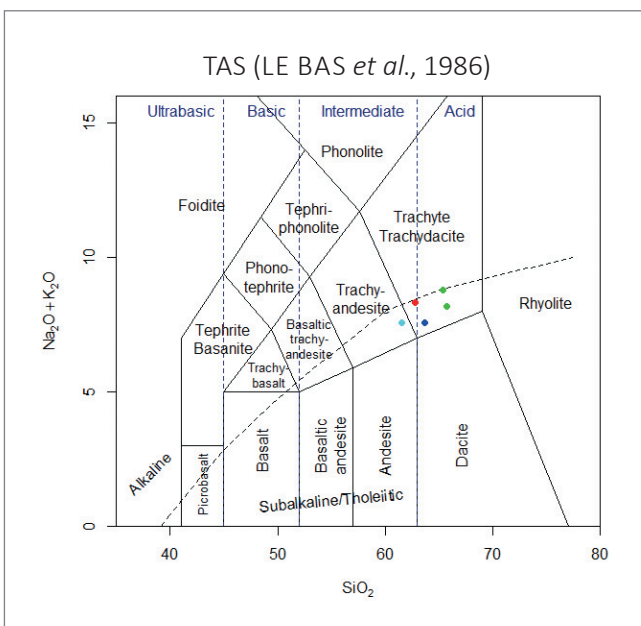


Figura 4.31 - (A) afloramento característico das rochas do Grupo Surumu, formado por morros isolados, onde aflora a rocha fresca; (B) amostra de mão coletado no mesmo afloramento (PB-31A).





**Figura 4.32** - Fotomicrografias da lâmina da amostra de rocha metavulcânica (traquidacito) (PB-31A): (A) e (B) mesma vista de (A) em luz polarizada, onde é possível ver os fenocristais alterados e a foliação na matriz da rocha.



**Figura 4.33** - Classificação das amostras do Grupo Surumu determinada a partir do diagrama Total-Alcali vs. Sílica - TAS (LE BAS *et al.*, 1986). Em verde, PB-R-31A e PB-R-31B (traquidacitos); Em azul PB-R-32 (traquidacito); em vermelho PB-R-33 (traquidacito); em ciano PB-R-34 (traquiandesito).

Em contrapartida, assim como no caso das vulcânicas do Grupo Iricoumé, a expressiva quantidade de matriz pode ser um facilitador para abertura dos minerais e liberação de nutrientes. Com relação aos elementos potencialmente tóxicos (EPT), essas rochas apresentam teores muito abaixo dos limites impostos pela norma, o que garante uma boa margem de segurança em sua utilização, além dos baixos teores de quartzo. Como micronutrientes, em teores declaráveis, estão presentes o silício, o ferro e o manganês.

#### 4.5. SUÍTE MUCAJAÍ E PROSPECTOS VISITADOS

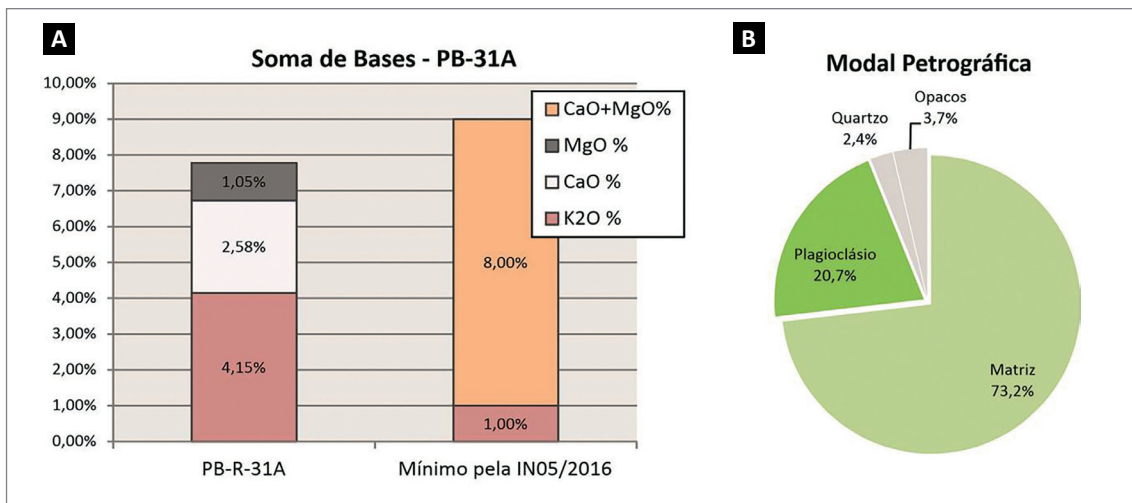
Esta UIA está associada a diversos corpos mesoproterozoicos que constituem uma associação magmática anortosito-mangerito-charnockito-granito rapakivi, que compreende granitos rapakivi charnockitos, charnockitos e mangeritos. Esta unidade geológica, com uma lava ativa denominada Pedreira do Roxinho, localizada no assentamento conhecido como Lote Bom Jesus, a 32 km depois da vila do Roxinho, que fica a 41 km a sudoeste de Mucajaí - RR. O município de Mucajaí, por sua vez, fica a 107 km de distância da capital Boa Vista. A pedreira constitui-se numa extração rudimentar de blocos para o uso ornamental. Com uma carregadeira, um caminhão, e dois ou três funcionários trabalhando na extração e carregamento dos blocos (Figura 4.35). A lava é operada com broca diamantada e massa expansiva, sendo os blocos encaminhados para serralheria situada na capital Boa Vista, atendendo ao mercado local.

A rocha descrita é um mangerito cinza-esverdeado escuro, isotrópico, muito grosso, com forte magnetismo. Predomina a textura inequigranular, com grandes cristais de feldspato acinzentados, com cerca de 1 cm de diâmetro, bordejados por piroxênios de coloração verde-escura, prismáticos com tamanho milimétrico (Figura 4.36).

Na análise petrográfica, é perceptível a dominância dos feldspatos potássicos, que representam mais de 50% da mineralogia, com cristais anédricos, geralmente pertíticos. Alguns apresentam ainda exsoluções ou inclusões de pequenos cristais de plagioclásio com geminação polissintética (Figura 4.37A e B). Também foi possível notar a presença de vênulas finas, com cristais muito pequenos e de difícil identificação, de coloração amarela-esverdeada, cortando toda a lâmina. As vênulas concentram-se nos feldspatos e podem indicar planos de fraqueza, sua presença pode ser interpretada como evidência de intemperismo ou hidrotermalismo. É possível observar, também, cristais de plagioclásio com geminação polissintética, com cerca de 2 mm, além de quartzo. Os cristais de piroxênios medem até 1 mm, apresentam-se geminados, com lamelas de exsolução caracterizando a associação de ortopiroxênio (Opx) e clinopiroxênio (Cpx) no mesmo cristal (Figura 4.37C e D), que, raramente, são observados separadamente na lâmina.

**Tabela 4.4** - Resultados litoquímicos obtidos nas rochas do Grupo Surumu, onde: PB-R-31A, PB-R 31B, PB-R-32, PB-R-33 (traquidacitos) e PB-R-34 (traquiandesito).

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES		
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
	%					ppm				%		ppm
PB-R-31A	2,58	<b>4,15</b>	1,05	7,78	0,26	<1	0,1	<0.01	<b>16,4</b>	<b>63,9</b>	3,60	774,65
PB-R-31B	2,72	<b>4,02</b>	1,02	7,76	0,26	1	0,11	<0.01	<b>17,4</b>	<b>65,1</b>	3,50	774,65
PB-R-32	3,69	<b>3,1</b>	1,39	8,18	0,34	<1	0,09	<0.01	<b>12,7</b>	<b>62,5</b>	4,34	852,11
PB-R-33	2,77	<b>3,59</b>	1,64	8	0,44	<1	0,06	<0.01	<b>8,7</b>	<b>60,9</b>	4,54	1007,04
PB-R-34	4,25	<b>1,97</b>	1,59	7,81	0,39	<1	0,22	<0.01	<b>33,8</b>	<b>59,8</b>	4,48	<b>1007,04</b>



**Figura 4.34** - (A) Soma de base (SB) em comparação com os requisitos mínimos exigidos pela norma para remineralizadores de solos (IN05/2016); (B) Resultado da contagem modal da amostra PB-31A obtido na análise petrográfica.

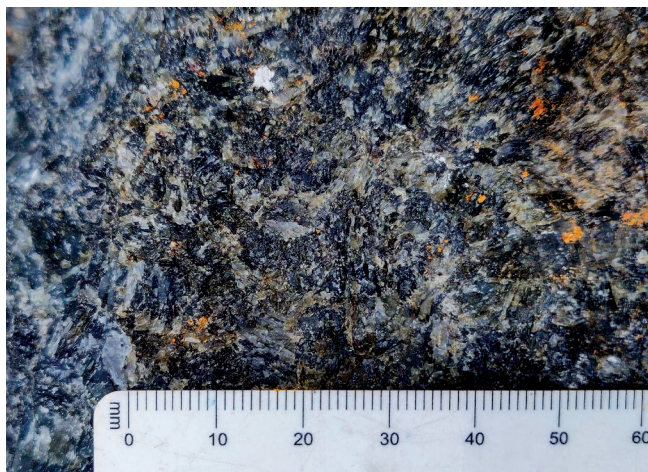


**Figura 4.35** - Imagens da Pedreira do Roxinho, localizada no assentamento Lote Bom Jesus, em Roraima. (A) Frente de lavra em atividade; (B) Maquinário utilizado no carregamento dos blocos.

Ocorrem, também, alguns anfibólios e opacos que provavelmente são magnetitas, devido ao elevado magnetismo observado na rocha. No contato com feldspato potássico, observa-se processo de mirmequitização (intercrescimento de quartzo vermicular em lóbulos de plagioclásio), que ocorre pela reação entre o K feldspato e plagioclásio sódico (Figura 4.37E e F).

#### 4.5.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

A análise litoquímica, expressa na Tabela 4.5, demonstra os teores obtidos para macronutrientes, micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos na amostra de rocha da Pedreira do Roxinho.



**Figura 4.36** - Detalhe do aspecto macroscópico do mangerito, rocha aflorante na lavra da Pedreira do Roxinho, no assentamento Lote Bom Jesus, em Roraima. Notar textura inequigranular com cristais de feldspato acinzentados, bordados por piroxênios.

Os resultados dessa análise demonstram que a rocha atende a todos os quesitos da norma para remineralizadores de solos (IN 05/2016; BRASIL, 2016), apresentando além de valores satisfatórios de soma de bases, um teor elevado de  $K_2O$  e teores de EPT muito abaixo dos limites impostos pela norma. Os resultados garantem uma boa margem de segurança para sua utilização, além disso, a rocha possui três micronutrientes com teores declaráveis: silício, ferro e manganês.

A petrografia modal revela que apesar dos teores de quartzo muito abaixo dos limites impostos pela norma para remineralizadores, a rocha é dominada por k-feldspato, uma mineralogia que ainda não apresenta um consenso sobre sua capacidade para liberação de K entre os pesquisadores da área de agrominerais, por ser um tectossilicato não reativo em solos ao tempo do ciclo das culturas (Figura 4.38B). Em face da escassez de matéria-prima para fertilização tradicional dos solos, em geral muito pobres em nutrientes; do clima muito quente e úmido e dos resultados analíticos, é importante o desenvolvimento de experimentos que possam demonstrar qual o potencial real de liberação de nutrientes para as plantas por derivados dessa rocha.

Por tratar-se de uma lavra rudimentar de blocos de rocha ornamental, o empreendimento não conta com britadores, além de apresentar dificuldade de acesso, entretanto o material de descarte acumula-se na lavra e, mediante a demonstração de algum potencial em ensaios agronômicos, poderia ser aproveitado na diversificação e sustentabilidade do empreendimento.

#### 4.6. CORPO ESTRELA DO NORTE

O Corpo Estrela do Norte aflora na porção centro-leste do estado de Roraima, a leste do município de Caracará.

É constituído por gnaisses e subordinados migmatitos com composição granodiorítica a tonalítica, apresentando bandamento ou foliação com direção preferencial NE-SW. Esses litotipos estão controlados por zonas de cisalhamento de alta-temperatura.

O afloramento estudado pelo projeto fica em um corte de estrada, ao longo BR-432, cerca de 100 km à norte de Rorainópolis-RR. Trata-se de um granulito melanocrático, com finas intercalações de material leucocrático formando manchas e bandas transpostas de espessura centimétrica (Figura 4.39A e B). A porção melanocrática predomina na proporção de 80% no afloramento.

Ao microscópio petrográfico, foi possível determinar que os constituintes máficos sejam, principalmente, piroxênios e biotita em proporções similares que somam cerca de 40% da rocha, enquanto os félsicos, plagioclásio, feldspato potássico e quartzo correspondem ao restante da rocha (Figura 4.40A e B). Devido à pouca alteração da rocha, ao tamanho dos cristais félsicos, a forma anédrica e aos contatos ameboidais, não foi possível realizar a contagem modal dessas fases separadas mas, estima-se que os teores de quartzo estão entre de 15-20%.

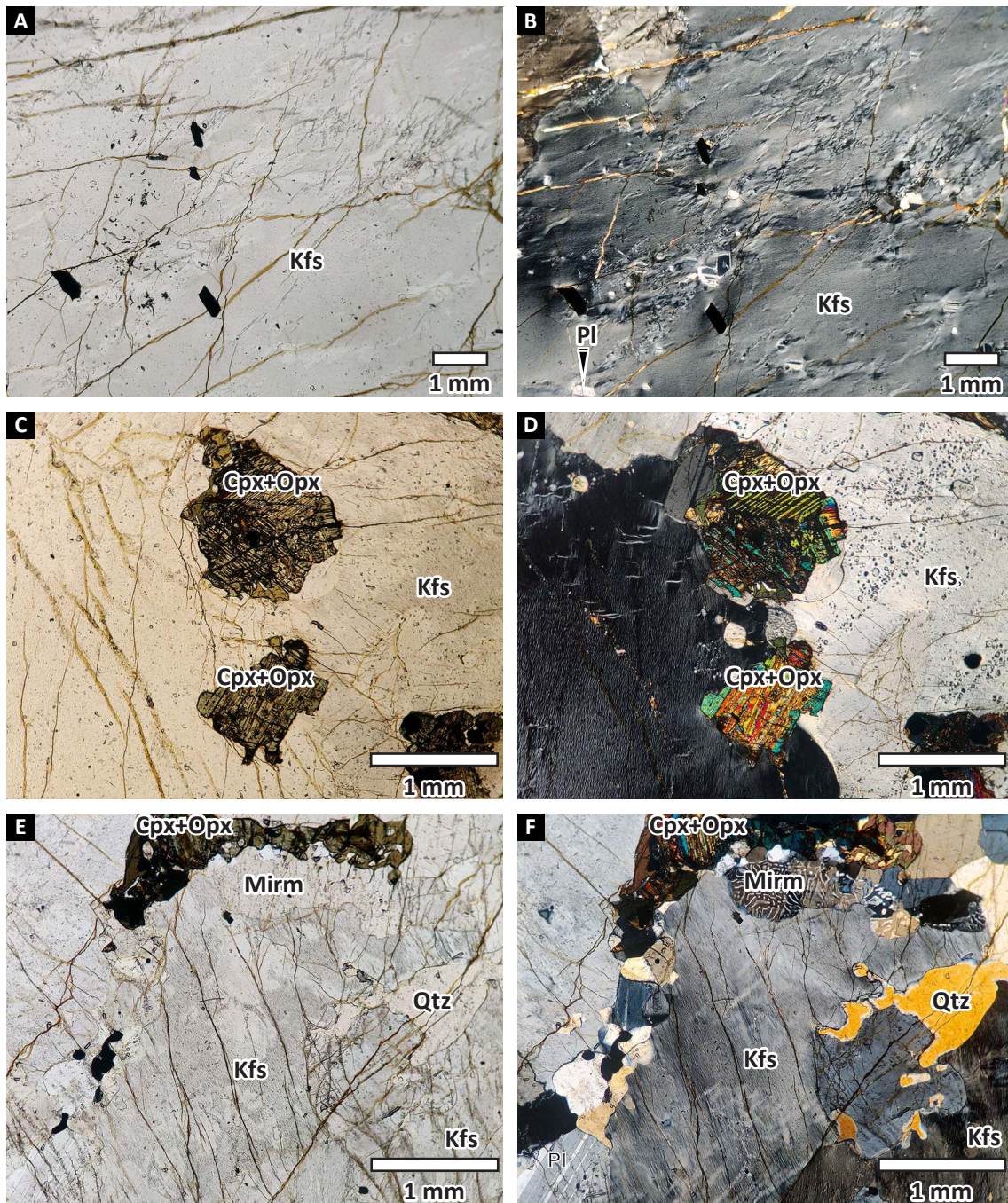
#### 4.6.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

A análise litoquímica realizada e expressa na Tabela 4.6 mostra os teores obtidos para macronutrientes, micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos na amostra do Corpo Estrela do Norte, coletada na estação PB-24.

O resultado da análise demonstra que a rocha atende integralmente aos requisitos litoquímicos determinados pela norma para remineralizadores de solos. A soma de bases tem um valor bastante expressivo (17%). Os baixos teores de  $SiO_2$  e  $K_2O$ , em oposição aos altos teores de CaO, indicam que a fase félsica predominante são os plagioclásios cálcicos, que são minerais com potencial para liberação desse macronutriente ao sistema-solo-planta. Os teores de quartzo estão, muito provavelmente, dentro dos 25% exigidos para remineralizadores de solos. Os valores obtidos para EPT, também, demonstram teores adequados aos limites estabelecidos pela norma. A presença dos 20% de biotita agrega valor ao prospecto, pois esse mineral é considerado reativo em solos e fonte de  $K_2O$ . Por fim, entre os micronutrientes e elementos benéficos com teores declaráveis, além dos mais comuns, silício, ferro e manganês, a rocha também apresenta o cobalto.

#### 4.7. CORPO ANORTOSITO REPARTIMENTO

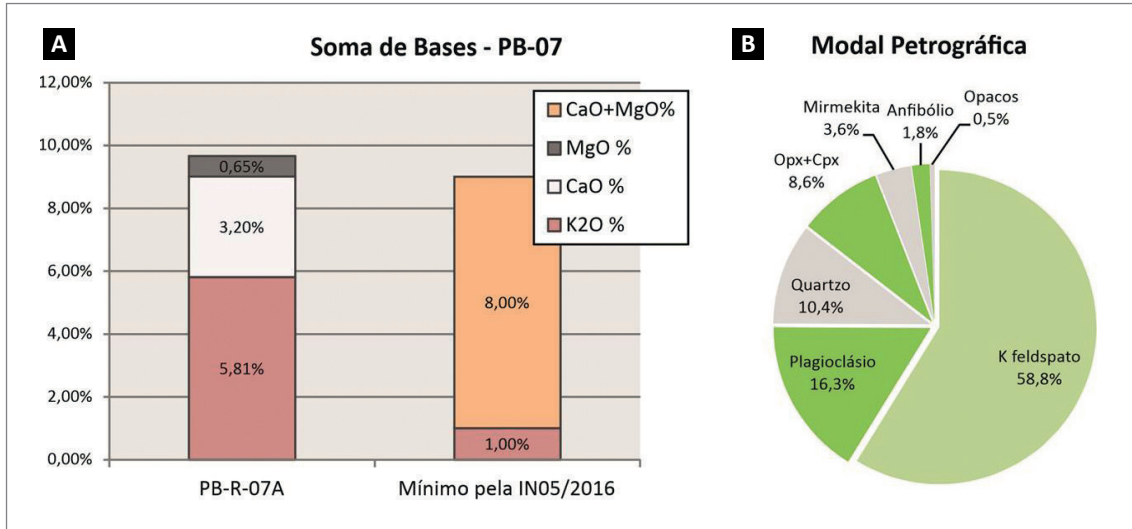
Esta unidade aflora na porção oeste do Bloco Boa Vista e, embora não visitada pela equipe do projeto, são apresentadas as análises do banco de dados litoquímicos do SGB-CPRM.



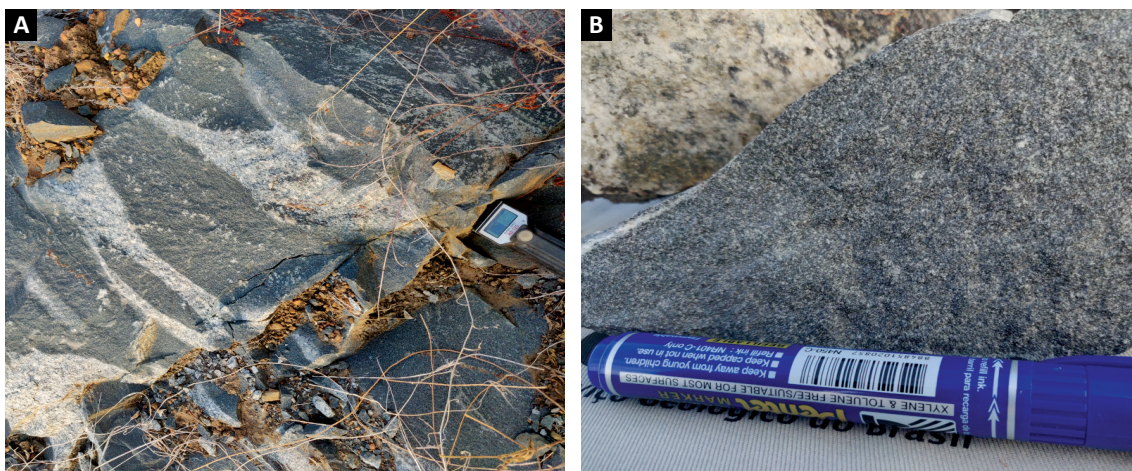
**Figura 4.37** - Fotomicrografias de diferentes campos da lâmina do mangerito (PB 7A). (A) Feldspatos potássicos periticos, em luz plana; (B) Mesma visada de (A) em luz polarizada, onde nota-se pequena inclusão de plagioclásio; (C) Cristais geminados lamelares de Cpx e Opx, fotomicrografia em luz plana; (D) Mesma posição de (C) em luz polarizada; (E) e (F) Aspecto geral da mineralogia, além de mirmequitização no contato do feldspato potássico, com luz natural e luz polarizada, respectivamente. Abreviações: Kfs - feldspato potássico, Pl - plagioclásio, Cpx - clinopiroxênio, Opx - ortopiroxênio, Qtz - quartzo, Mirm - mirmequitização.

**Tabela 4.5** - Resultados obtidos na rocha da Pedreira do Roxinho, onde PB-R-07A (mangerito) corresponde à rocha fresca aflorante na frente de lava.

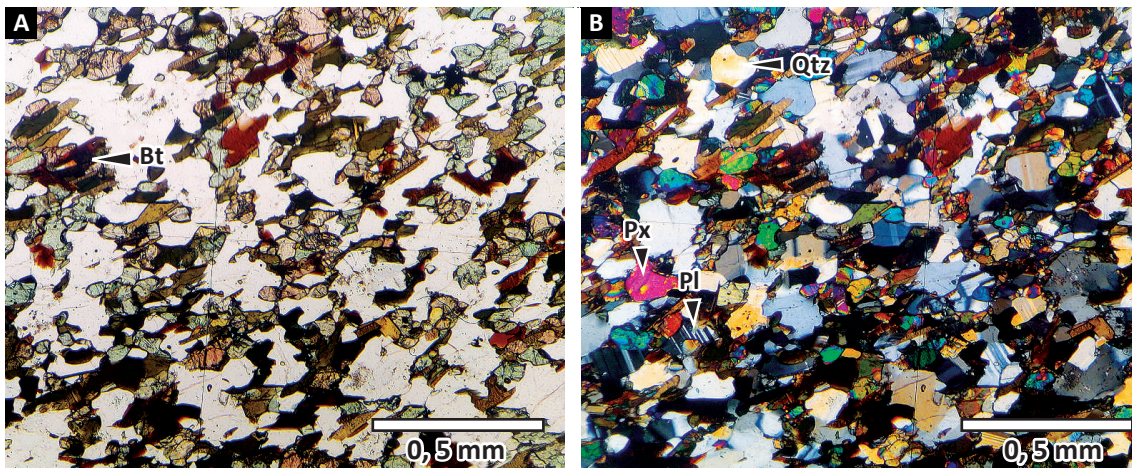
AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES		
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
	%					ppm				%		ppm
PB-R-07A	3,2	5,81	0,65	9,66	0,27	<1	0,19	<0,01	13,1	62	7,44	1007,04



**Figura 4.38** - (A) Soma de base (SB) das amostras e do pó de rocha em comparação com os requisitos mínimos exigidos pela norma para remineralizadores de solos, IN 05/2016 (BRASIL, 2016a); (B) Resultado da contagem modal da amostra (PB-R-07A) obtido na análise petrográfica.



**Figura 4.39** - (A) Fotos do afloramento onde nota-se granulito melanocrático, com finas intercalações de material leucocrático formando manchas e bandas transpostas; (B) amostra de mão, na qual observa-se uma textura fanerítica fina.



**Figura 4.40** - Fotomicrografia de lâmina do granulito (PB 24) em luz natural e polarizada em (A) e (B), respectivamente, onde é possível notar os cristais bem preservados com contatos ameboidais subarredondados.

**Tabela 4.6** - Resultado litoquímico obtido para a amostra do granulito PB-R-24.

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES			
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Mn
	%					ppm				%		ppm	
PB-R-24	9,28	<b>1,2</b>	6,64	<b>17,12</b>	0,23	<1	0,12	<0,01	7	<b>51,5</b>	<b>8,47</b>	<b>51,40</b>	<b>1394,37</b>

**Tabela 4.7** - Análises litoquímicas coletadas no banco de dados do SGB-CPRM, demonstrando teores de macro e micronutrientes nas amostras do Corpo Anortosito Repartimento.

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					MICRONUTRIENTES			
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	
	%					%		ppm	
FF-184	9,5	<b>1</b>	3,4	<b>13,9</b>	0,08	<b>53,3</b>	<b>1,40</b>	500	
RB-120	8,6	<b>1,6</b>	1,3	<b>11,5</b>	0,23	<b>53,4</b>	<b>2,10</b>	<b>1400</b>	
FF-186	8,2	<b>1,4</b>	0,63	<b>10,23</b>	0,14	<b>56,1</b>	<b>1,90</b>	800	
FF-330	8,8	<b>1,9</b>	0,43	<b>11,13</b>	0,16	<b>56,3</b>	<b>0,65</b>	400	
FF-243	8,42	<b>1,55</b>	0,91	<b>10,88</b>	0,29	<b>54,12</b>	<b>1,50</b>	600	

O Corpo Anortosito Repartimento tem textura inequigranular grossa a muito grossa, de coloração cinza-escuro, com cristais de plagioclásio prismáticos variando de 1 a 4 cm e, são comuns também, fenocristais de até 12 cm em matriz muito grossa. São compostos, principalmente, por plagioclásio cálcico (andesina cálcica a labradorita), e podem apresentar até 10% de minerais máficos, representados principalmente por ortopiroxênios. Como minerais acessórios, podem ocorrer olivina, opacos, apatita, quartzo, k feldspato, e, como minerais de alteração, biotita, clorita e sericita (FRAGA, 2002).

#### 4.7.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

A Unidade Corpo Anortosito Repartimento foi selecionada como UIA, pois apresenta rochas com teores interessantes para soma de base, que atende integralmente a norma para remineralizadores de solos, inclusive atendendo o pré-requisito mínimo de potássio (mais que 1%), que pode estar no feldspato potássico e na biotita (minerais descritos como acessórios), sendo, o último, o mineral mais reativo em solos. Os teores de cálcio são muito interessantes, pois esse elemento apresenta teores significativos (entre 8,2 e 9,5%) e está presente no plagioclásio, que também tem potencial para liberação do macronutriente que pode auxiliar na correção da acidez de solos. O magnésio, embora apresente teores mais discretos (entre 0,4 e 3,4%), encontra-se, principalmente, alocado no piroxênio, mineral que também tem potencial para reatividade em solos. Em relação aos micronutrientes destaca-se o silício, importante elemento benéfico, além de ferro e manganês.

## 4.8. CORPO GABRO TAXISTA

O Corpo Gabro Taxista é uma intrusão de forma elíptica com área de 18 km<sup>2</sup>, apresentando 6 km no eixo E-W e 3 km ao longo do eixo N-S, localizado na região sudeste do Bloco Manaus. O acesso à área do afloramento ocorre pelos ramais do Canoa e do Taxista, no km 1029 da BR-174 (SIMÕES *et al.*, 2019). Fisiograficamente, a região constitui um domínio de relevo positivo, formando uma pequena chapada, sustentada por crosta laterítica. Em cortes de estrada, foi possível observar exposições de mais de 3 m de altura de pacotes de concreções lateríticas.

Os afloramentos da unidade são definidos por blocos e matacões expostos em leitos de drenagem, com rochas do tipo gabros, olivina gabros e leucogabros isotropos, de cor cinza-escuro, textura equigranular média a grossa, compostas por plagioclásio, olivina e clinopiroxênio (SIMÕES *et al.*, 2019). Alguns dados da unidade foram levantados em banco de dados de análises do SGB-CPRM e constam da Tabela 4.8.

#### 4.8.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

O Corpo Gabro Taxista também é uma UIA e destaca-se por atender ao critério de soma de base, principalmente em relação aos teores de cálcio (entre 7,2 e 10,6%) e magnésio (entre 4,5 e 8,1%). O cálcio está relacionado, principalmente, ao plagioclásio, embora também seja relativo ao piroxênio, enquanto o magnésio está associado ao piroxênio e a olivina, todos esses minerais com potencial para reatividade em solos, com destaque para olivina, mineral formado em mais alta temperatura, o que contribui para sua instabilidade em condições atmosféricas atuais.

**Tabela 4.8** - Análises litoquímicas coletadas no banco de dados do SGB-CPRM, demonstrando teores de macro e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos, em rochas da Unidade Corpo Gabro Taxista.

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					EPT				MICRONUTRIENTES			
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	As	Cd	Hg	Pb	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Mn
	%					ppm				%		ppm	
JL-R-035B	8,81	0,46	7,11	<b>16,38</b>	0,14	1	0,04	0,03	<5,0	<b>47,72</b>	<b>6,72</b>	42,00	<b>1100</b>
DP-R-004A	10,67	0,47	8,19	<b>19,33</b>	0,15	<0,5	<0,10	<0,01	0,7	<b>48,47</b>	<b>7,24</b>	<b>63,40</b>	<b>1200</b>
DP-R-022E	7,24	1,32	4,54	<b>13,1</b>	0,27	<0,5	<0,10	<0,01	2,4	<b>52,59</b>	<b>7,76</b>	37,50	<b>1500</b>

Apenas uma das amostras apresentou teores de potássio adequados à norma para remineralizadores. Entretanto, outra possibilidade de registro destas rochas, caso estas apresentem resultados agronômicos positivos, que podem ser fertilizantes minerais simples (fontes de Ca e Mg), contendo ainda micronutrientes como Si, Fe e Mn (mais comuns), além de cobalto, micronutriente importante para fixação de nitrogênio e para o crescimento de raízes (DOURADO NETO *et al.*, 2012).

#### 4.9. CORPO DIABÁSIO AVANAVERO

O Corpo Diabásio Avanavero, situado na porção nordeste do estado de Roraima, norte do Escudo das Guianas, representa uma das mais expressivas atividades magmáticas de caráter básico de idade mesoproterozóica. Constitui quatro níveis de soleiras, denominadas, da base para o topo, Cotingo, Pedra Preta, Básicas Cipó e Monte Roraima (MENEZES LEAL *et al.*, 2006). Os afloramentos dessa unidade não foram visitados no âmbito do projeto, entretanto, a unidade, por ser composta por rochas máficas, representa relevante interesse agromineral e será apresentada com base em dados coletados na bibliografia.

As rochas do *Sill* Cotingo e *Sill* Pedra Preta apresentam afinidade toleítica, granulação média a grossa, textura subofítica a intergranular a levemente porfirítica. A mineralogia fundamental é composta por plagioclásio (núcleo An 64-76%, borda Na 50-72%), augita (núcleo Wo 29-45%, borda Wo 19-44%), pigeonita (Wo 7-9%), ortopiroxênio (Wo 2-4%) e minerais opacos (magnetita e ilmenita). Minerais acessórios ou secundários, como anfibólio (Mg-hornblenda, Fe-hornblenda), biotita, apatita, clorita e quartzo, são assinalados (MENEZES LEAL *et al.*, 2006).

A tabela 4.9, com as amostras do artigo de Menezes Leal *et al.*, (2006), demonstra os atributos agrominerais das rochas estudadas pelos autores.

##### 4.9.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

Por se tratarem de basaltos, as rochas apresentam natural aptidão para rochagem, tanto pelas texturas mais finas, quanto pela abundância em minerais máficos, o que

garante uma soma de bases bastante superior ao exigido pela norma IN 05/2016, com teores de significativos de Ca (entre 8,0 e 11,8%) e Mg (entre 3,7 e 9,3%), além disso, apresentam teores declaráveis dos micronutrientes: silício, ferro e manganês. Assim como os basaltos da Formação Apoteri, também apresentam teores relativamente altos de potássio para esse tipo de rocha (K<sub>2</sub>O até 1,2%), apesar de na maior parte dos casos não atingirem os teores exigidos pela norma de remineralizadores. Entretanto, caso estas rochas apresentem resultados agronômicos positivos, também podem possuir aptidão para obter registro pela norma de fertilizantes minerais simples, como fonte de cálcio e magnésio, além de micronutrientes.

#### 4.10. SUÍTE INTRUSIVA APIAÚ

Esta unidade geológica encontra no trabalho de Figueiredo (2016) seu maior referencial bibliográfico, no qual foram conduzidos estudos petrográficos, geocronológicos e litoquímicos das rochas alcalinas da Suíte Intrusiva Apiaú, localizado na região de Campos Novos, no Município de Mucajaí-RR. Tratam-se de sienitos com nefelina, fonolitos e traquitos, de afinidade potássica e sódica, cuja colocação tem relação com a abertura da Bacia do Tacutú (FIGUEIREDO, 2016). O potencial agromineral da unidade também foi abordado no trabalho pioneiro sobre rochagem na região (BERGMAN & HOLANDA, 2014), onde as autoras ressaltam que os importantes teores de potássio, associados à textura fina, tornam a rocha um relevante prospecto e que os altos teores de sódio na rocha demandam uma avaliação cuidadosa de seus efeitos no solo, pois é um elemento dispersante das argilas e, portanto, desagregador da estrutura do solo. Por fim, segue a tabela litoquímica de elementos relevantes para o estudo de agrominerais, adaptada de Figueiredo (2016), (Tabela 4.10).

##### 4.10.1. Considerações litoquímicas e potencial agromineral

Os dados compilados do artigo mostram que os teores de potássio são muito significativos (entre 4,7% e 6,3%) e podem estar relacionados ao feldspato potássico (pouco reativo) mas, também, à nefelina e à biotita (com potencial para liberação do macronutriente).

**Tabela 4.9** - Análises litoquímicas modificada de Menezes *et al.* (2006), apresentando teores de macro e micronutrientes presentes nas rochas máficas do *Sill* Pedra Preta (SPP) e *Sill* Cotingo (SC).

AMOSTRA	MACRONUTRIENTES E SB					MICRONUTRIENTES		
	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
	%					%		ppm
04A - SPP	11,81	0,59	3,81	<b>16,21</b>	0,04	<b>51,55</b>	<b>5,41</b>	<b>1200</b>
04B - SPP	9,13	0,53	7,72	<b>17,38</b>	0,04	<b>51,35</b>	<b>8,60</b>	<b>1400</b>
10A - SPP	10,54	0,58	6,58	<b>17,7</b>	0,05	<b>51,63</b>	<b>9,87</b>	<b>1400</b>
10B - SPP	9,33	0,86	6,71	<b>16,9</b>	0,09	<b>51,98</b>	<b>9,85</b>	<b>1500</b>
11 - SPP	10,08	0,77	7,72	<b>18,57</b>	0,06	<b>51,86</b>	<b>9,81</b>	<b>1500</b>
12 - SPP	11,34	0,61	6,4	<b>18,35</b>	0,05	<b>50,8</b>	<b>9,37</b>	<b>1600</b>
13A - SPP	9,11	0,66	7,6	<b>17,37</b>	0,05	<b>51,87</b>	<b>8,70</b>	<b>1400</b>
13B - SPP	9,58	0,37	7,68	<b>17,63</b>	0,05	<b>50,22</b>	<b>8,79</b>	<b>1400</b>
13C - SPP	9,24	0,63	7,7	<b>17,57</b>	0,05	<b>51,29</b>	<b>8,98</b>	<b>1400</b>
21A - SC	9,35	0,81	3,99	<b>14,15</b>	0,12	<b>50,9</b>	<b>12,07</b>	<b>1500</b>
21B - SC	9,15	0,45	9,36	<b>18,96</b>	0,06	<b>50,72</b>	<b>11,41</b>	<b>1600</b>
21C - SC	9,86	0,55	7,06	<b>17,47</b>	0,08	<b>50,87</b>	<b>11,54</b>	<b>1600</b>
21D - SC	9,69	0,77	4,07	<b>14,53</b>	0,1	<b>51,86</b>	<b>10,27</b>	<b>1500</b>
29 - SC	8,09	1,25	4,08	<b>13,42</b>	0,18	<b>51,55</b>	<b>14,78</b>	<b>1600</b>
30 - SC	8,7	1,21	3,75	<b>13,66</b>	0,17	<b>51,03</b>	<b>13,91</b>	<b>1700</b>

**Tabela 4.10** - Elementos relevantes ao estudo de agrominerais, adaptado de Figueiredo (2016).

AMOSTRA		MACRONUTRIENTES E SB					EPT	MICRONUTRIENTES		
		CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	SB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cd	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
		%					ppm	%		ppm
RRTJ-08	Fonólito Agpaítico	0,91	<b>4,78</b>	0,01	5,7	0,036	0,44	<b>54,53</b>	<b>3,13</b>	<b>2380</b>
RRTJ-12	Fonólito Miaskítico	1,12	<b>5,95</b>	0,06	7,13	0,066	0,21	<b>56,41</b>	<b>4,38</b>	<b>2180</b>
RRTJ-13	Fonólito Miaskítico	1,33	<b>6,35</b>	0,1	7,78	0,059	0,19	<b>56,13</b>	<b>4,6</b>	<b>2170</b>
RRTJ-18	Fonólito Agpaítico	1,21	<b>5,94</b>	0,04	7,19	0,03	0,28	<b>53,95</b>	<b>4,01</b>	<b>2200</b>
RRTJ-30B	Fonólito Miaskítico	1,84	<b>5,37</b>	0,85	8,06	0,141	0,2	<b>57,09</b>	<b>4,12</b>	<b>1490</b>
RRTJ-21	Sienito	3,86	<b>5,01</b>	1,24	<b>10,11</b>	0,465	0,11	<b>56,25</b>	<b>5,75</b>	<b>1230</b>
RRTJ-22	Sienito	1,25	<b>6,3</b>	0,16	7,71	0,047	0,17	<b>62,5</b>	<b>3,6</b>	<b>2020</b>
RRTJ-23	Sienito	3,36	<b>5,64</b>	1,16	<b>10,16</b>	0,339	0,15	<b>57,95</b>	<b>5,99</b>	<b>2200</b>

Como elemento favorável e micronutrientes com teores declaráveis, foram listados silício, ferro e mangânes. Além disso, as amostras também foram analisadas para cádmio, apresentando valores dentro dos limites impostos pela norma, o que garante segurança na aplicação com relação a esse elemento, entretanto ainda sendo necessária a quantificação dos outros EPT. Apenas duas amostras dos sienitos classificariam-se pela IN05/2016 (amostras RRTJ - 21 e 23), devido à baixa soma de bases das amostras em geral, entretanto, caso as rochas apresentem resultados agronômicos positivos há ainda a possibilidade de viabilizar o registro como fertilizantes minerais simples,

fontes de cálcio e magnésio, além de potássio e micronutrientes, ou então até oportunizar o registro como Produto Novo. Outro fator que deve ser observado com cautela neste tipo de litologia é o alto teor de sódio que pode apresentar restrição agrícola.

#### 4.11. GRANULOMETRIA, DOSAGEM E REATIVIDADE

No campo, mesmo com a agricultura intensiva, a textura do solo não está facilmente sujeita à mudança, de forma que ela é considerada uma propriedade permanente (BRADY & WEIL, 2013).



A textura do solo, é um atributo empregado para descrever a composição granulométrica da terra fina, seca ao ar do solo, o que corresponde à fração < 2 mm de diâmetro, peneirada. Ela expressa a participação em  $\text{g kg}^{-1}$  de suas partículas constituintes especificadas por tamanho. No Brasil, as partículas são classificadas utilizando-se a escala de Atterberg modificada: argila < 0,002 mm; silte 0,05 – 0,002 mm; areia fina 0,2 – 0,05 mm; areia grossa 2 – 0,2 mm (IBGE, 2007).

As partículas da fração areia são visíveis a olho nu e podem ser arredondas ou angulares, dependendo do grau de intemperismo ou abrasão a que foram submetidas. As partículas de areia grossa podem ser fragmentos multiminerálicos de rochas, a maioria dos grãos de tamanho areia consiste de um único mineral, geralmente quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). A dominância do quartzo significa que a fração areia, geralmente, contém poucos nutrientes para as plantas (BRADY & WEIL, 2013).

A relação entre o tamanho da partícula e a sua área superficial é denominada superfície específica. As partículas de areia, pelo seu tamanho relativamente grande, têm baixa superfície específica, com isso possuem baixa capacidade de reter água ou nutrientes no solo e não aderem umas às outras formando uma massa coesa, de forma que os solos arenosos são bem arejados e soltos porém, inférteis e propensos à seca (BRADY & WEIL, 2013).

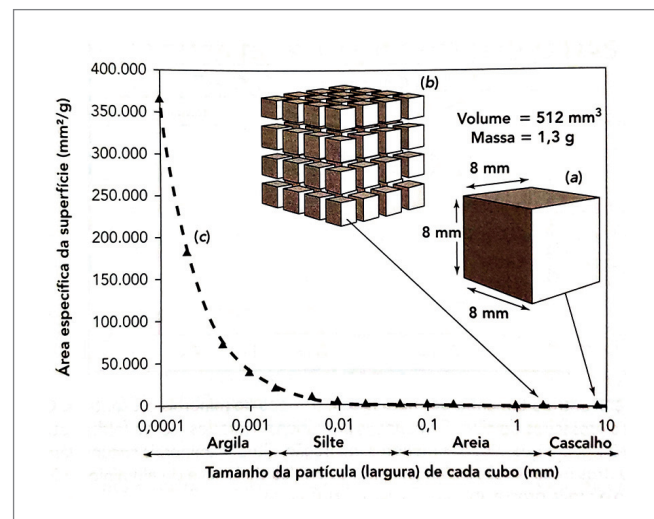
Os grãos de silte, apesar de terem uma forma semelhante aos de areia, são tão pequenos que são invisíveis a olho nu. Quando o silte é composto de minerais intemperizáveis, o tamanho relativamente pequeno das partículas, que possuem maior superfície específica, permite um processo intempérico rápido o suficiente para liberar quantidades significativas de nutrientes para as plantas (BRADY & WEIL, 2013). Em um solo siltoso, os poros entre as partículas são menores e mais numerosos que no material arenoso, portanto o silte retém mais água e tem menor capacidade de drenagem. A fração argila tem uma grande superfície específica, o que lhe confere grande capacidade de adsorção de água e outras substâncias. As argilas possuem também um formato distinto em lâminas microscópicas, algumas tão pequenas que tem comportamento coloidal e não sedimentam com facilidade (BRADY & WEIL, 2013).

O pó de rocha utilizado na rochagem é, na maioria das vezes, originado em pedreiras que realizam britagem para a indústria da construção civil. Essas pedreiras são geralmente equipadas com sistemas de britagem em dois estágios. No primeiro estágio, é utilizado um britador de mandíbulas que reduz as partículas resultantes do processo de detonação, um exemplo típico de britagem primária é a redução de fragmentos de dimensões máximas de 1000 - 500 mm para 300 - 100 mm (METSO, 2005). No segundo estágio, é utilizado um rebritador cônico, que reduz os fragmentos gerados no primeiro processo à fragmentos de pequenas dimensões.

Muitas dessas máquinas possuem ajustes de saída que vão até 6 mm, gerando fragmentos desde frações muito pequenas até cerca de 12 mm de diâmetro, que depois serão selecionados em peneiras para atingir a granulometria pretendida para cada produto (METSO, 2005).

Análises granulométricas podem ser obtidas no granulômetro a laser, com os pós da rocha peneirados à 1 mm, realizadas nos pós de brita dos três principais prospectos apresentados no trabalho (quartzo monzonito - PB-01, riolito - PB-05 e basalto - PB-10) demonstraram, consistentemente, que uma parte inferior a 2% apresentam-se na fração argila, a fração silte é representada por percentuais que variaram entre 0,41 - 11% e areia fina 4 - 20% sendo o restante representado pela fração areia grossa. É importante salientar que a metodologia utilizada em laboratório, para determinar a granulometria do pó de rocha, difração de raio laser, em muito difere do método tradicionalmente utilizado para texturar solos (pipetagem), entretanto as diferenças entre a granulometria a laser e a pipetagem na fração areia são desprezíveis (QIU *et al.*, 2021). Dessa forma, fica claro que tais pós, produzidos nesse tipo de empreendimento, podem ser classificados como de baixa reatividade, funcionando como reserva de liberação lenta de nutrientes devido a sua baixa superfície específica (Figura 4.41).

A cominuição de fragmentos em frações de menor granulometria, mais reativas em solos, depende do emprego de técnicas de moagem que potencializaria substancialmente sua reatividade, entretanto os custos relativos à moagem devem ser levados em consideração.



**Figura 4.41** - Gráfico de área específica versus tamanho da partícula. (a) Cubo de 8 mm de aresta com 384 mm<sup>2</sup> de área superficial; (b) Conjunto de cubos, com o mesmo volume e massa do anterior, fragmentado em 64 cubos de 2 mm de aresta, tem área superficial de 1.536 mm<sup>2</sup>, quatro vezes maior que (a); (c) Curva de área superficial específica explica porque quase toda a capacidade de adsorção, expansão, plasticidade, aquecimento e outras propriedades relacionadas à área superficial, nos solos minerais, estão associadas à fração argila. Fonte: Brady & Weil, (2013).

Uma forma mais barata de obter um pó em granulometria mais reativa seria o peneiramento à 0,3 mm, que configuraria um produto na categoria *filler* (IN 05/2016 MAPA).

É notável a diferença nas curvas granulométricas das três amostras analisadas. Nos três casos, o estágio inicial de britagem foi realizado em britadores de mandíbula e o secundário em britadores cônicos. Especificidades do processo de britagem em cada pedra e regulação do equipamento nos três empreendimentos não puderam ser aferidas e comparadas, entretanto considerando a granulometria da rocha britada é possível estabelecer algumas relações entre as curvas granulométricas (Figura 4.42).

As menores partículas identificadas pelas análises foram geradas pela britagem da rocha de maior granulometria (PB-01). O inverso também foi verificado, o basalto (PB-10), quando britado, gerou a curva granulométrica mais condensada e grãos maiores, enquanto o pó do quartzo monzonito (PB-01) apresentou fragmentos a partir de 0,6 µm de diâmetro, além de 1,5% de argila e 11% de silte por textura; o pó do basalto apresenta seus menores fragmentos na medida de 26 µm, portanto, não possui fragmentos tamanho argila, além de apresentar menos de 0,5% de fragmentos na fração silte. A amostra de riolito porfirítico (PB-05) possui um comportamento intermediário.

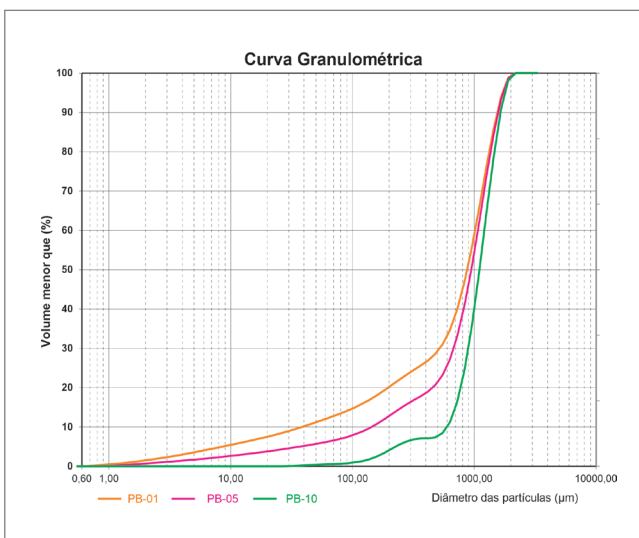
Na rocha fanerítica com cristais maiores, o processo de cominuição promove o estilhaçamento dos cristais, resultando na geração de fragmentos tamanho silte e argila. O quartzo monzonito da pedra da EBAM é formado, majoritariamente, por cristais de 1mm (1000 µm) de diâmetro ou maiores, 64% desses feldspatos com até 6mm de diâmetro.

O riolito possui cerca de 16% de fenocristais de feldspatos, com tamanho de 0,5mm ou maior, imersos em uma matriz microcristalina coesa. No basalto, grandes fenocristais são muito raros e a maior parte de sua granulometria tem tamanhos entre 0,1 e 0,3 mm (100-300 µm) de diâmetro, o que explicaria o patamar formado pela curva granulométrica nesses valores, que apenas o pó do basalto (PB-10) apresenta (Figura 4.42). Esse patamar e a ausência de fragmentos nas frações silte e argila no pó do basalto indicam que o processo de cominuição está promovendo a separação entre os diferentes cristais da rocha e não o estilhaçamento dos mesmos. O estilhaçamento dos cristais e diminuição da granulometria a tamanhos silte e argila são promovidos mais contundentemente por processos de moagem, diferentes dos de britagem, já conhecidos no universo dos agrominerais, como técnicas de mecanoativação (CICERI *et al.*, 2017).

Em geral, os experimentos que vem sendo conduzidos, principalmente no Brasil, têm buscado explorar a aptidão do pó de rochas silicáticas (PRS) na produção de grãos em grandes sistemas de monocultura, pressupondo-se que os teores de PRS utilizados devem ser compatíveis com a capacidade técnica de incubação de centenas, por vezes milhares, de hectares, o que acarreta na aplicação de quantidades relativamente pequenas de pó por hectare.

Doses comumente utilizadas nesses casos giram em torno de 5 ton ha<sup>-1</sup>, isso significa que para cada kg de solo, considerando apenas os 20 cm superficiais, serão aplicados cerca de 2 g de PRS. Outras abordagens devem ser consideradas, por exemplo, no cinturão verde próximo à Manaus é comum o cultivo protegido de hortaliças com alto valor agregado. Esses cultivos têm entre 0,1-05 ha de área, de forma que o pó de rocha poderia ser testado em quantidades muito mais expressivas e ainda assim ter viabilidade logística e econômica.

Os compostos gerados através da adição de grandes quantidades de pó de rocha ao solo, certamente, apresentarão algum dinamismo em seu comportamento textural, pois o pó adicionado ao horizonte superficial e reativo do solo começa a transformar-se em argilominerais ricos em sílica, com elevada superfície específica e partículas de tamanho argila. Tais transformações promovem a liberação dos nutrientes que formam esses minerais primários (Ca, Mg, K, Fe, Si), aumentando a saturação por bases e a capacidade de troca catiônica (CTC) e diminuindo a acidez no solo. Experimentos com pó de basalto demonstram melhora significativa nesses parâmetros, utilizando basalto moído em doses entre 1 e 100 ton ha<sup>-1</sup> (GILLMAN *et al.*, 2002; MELO *et al.*, 2012). Melo *et al.* (2012) realizaram os experimentos em um latossolo amarelo distrófico de Roraima, utilizando o basalto da pedra de Boa Vista (PB-10).



**Figura 4.42** - Granulometria a laser das amostras de pó de brita coletadas nos empreendimentos previamente peneiradas à 1 mm.

No experimento em laboratório foi constatado liberação de teores de K e Na de pós de rochas, na ordem de cinco a dez vezes mais alto em ácido cítrico que em ácido acético ou água (RIBEIRO *et al.*, 2016), demonstrando que os ácidos orgânicos, presentes em abundância no horizonte superficial do solo, rico em matéria orgânica, têm importante papel no intemperismo químico e liberação de nutrientes pelos fragmentos minerais no pó de rocha.

Pesquisas mais atuais já discutem os efeitos da colonização de grupos específicos de bactérias em

diferentes fases minerais, consolidando o termo “mineralosfera”, à medida que são demonstradas as diferenças entre tipos e diversidade de bactérias na superfície dos fragmentos de diferentes tipos de minerais e do solo em geral, promovendo o intemperismo e contribuindo com a liberação de nutrientes para as plantas (COLIN *et al.*, 2017; UROZ, *et al.*, 2015; UROZ *et al.*, 2012). Os pós de rochas silicáticas promovem mudanças de pH e saturação por bases e, também, sobre a estruturação e a bioquímica do solo, ainda pouco conhecidas.

## 5. CONCLUSÕES

---

A utilização de pó de rocha no melhoramento de solos vem se mostrando uma técnica útil e aplicável em diversas escalas e em diferentes empreendimentos rurais, em um grande número de estudos publicados nos últimos anos no Brasil e no mundo. Os estudos realizados pela equipe do Serviço Geológico do Brasil (SBG/CPRM) demonstram relevante potencial agromineral no eixo da BR-174, rodovia que liga duas grandes capitais da Região Norte, onde vivem aproximadamente três milhões de pessoas. Devido às dificuldades logísticas para muitos Agricultores, nessa região nem sempre é viável a utilização de fertilizantes solúveis importados. Associado a isso, devido às altas temperaturas, elevada pluviosidade e ao contexto geológico de estabilidade do Escudo das Guianas, é altíssima a incidência de solos absolutamente empobrecidos em nutrientes. Essa conjunção de fatores torna a pesquisa de agrominerais uma ferramenta valiosa e indispensável para o desenvolvimento sustentável, conservação dos solos e melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Os dois grandes empreendimentos minerários estabelecidos próximos às capitais Manaus-AM, representado pela mineradora Empresa Brasileira de Agregados Minerais – EBAM, que atua explorando quartzo monzonitos, e em Boa Vista-RR, representado pela Granada Mineração que explora basaltos, possuem rochas com características químico-mineralógicas, que atendem aos critérios da norma para remineralizadores de solos (IN 05/2016), além de apresentar capacidade técnica já instalada para suprir a demanda por insumos minerais alternativos aos fertilizantes convencionais.

Outros materiais também mostram-se interessantes para a região, embora apresentem alguns obstáculos, seja pela logística, como no caso dos mangeritos da Pedreira do Roxinho, seja por atender parcialmente à norma IN 05/2016, como os riolitos da Pedreira Samaúma e rochas do Grupo Surumu, ou pela inexistência de lavras

associadas a algumas Unidades de Interesse Agromineral (UIA) (Corpo Estrela do Norte, Corpo Anortosito Repartimento, Corpo Gabro Taxista e rochas associadas ao Corpo Diabásio Avanavero e ao Suíte Intrusiva Apiaú).

Adicionalmente, ensaios de granulometria realizados em pós de rocha coletados em três pedreiras (EBAM, Granada Mineração e Pedreira Samaúma) demonstram que a textura da rocha pode influenciar no processo de cominuição, promovendo estilhaçamento dos cristais ou apenas separação entre os diferentes cristais de rocha, embora os processos de britagem utilizados nos empreendimentos sejam similares.

A seleção das Unidades de Interesse Agrogeológico (UIA), adicionadas às principais informações sobre potencial agromineral dos pontos visitados por esta pesquisa culminou na confecção de dois mapas de potencial agromineral da área de estudo, os quais estão publicados em conjunto com este Informe de Recursos Minerais, sendo apresentados como:

- Mapa do Potencial Agromineral Eixo Manaus - Boa Vista: Bloco Manaus.
- Mapa do Potencial Agromineral Eixo Manaus - Boa Vista: Bloco Boa Vista.

Todos os materiais caracterizados e apresentados neste trabalho só podem ser utilizados na agricultura a partir da demonstração de eficiência agrônômica e/ou de melhoramento dos solos realizando-se ensaios agrônômicos exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A utilização desses novos insumos pode tornar o processo rápido e barato, graças à logística já estabelecida e a pouca distância entre os dois principais empreendimentos minerários (EBAM e Granada Mineração) e os centros agrícolas na região. Por este motivo, o papel fundamental e pioneiro do SGB-CPRM na disseminação desse conhecimento e no investimento em pesquisa científica serve como arcabouço para o desenvolvimento desses insumos, da agronomia e da economia local.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Review**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9).
- ALMEIDA, M. E.; MACAMBIRA, M. J. B. Aspectos geológicos e litoquímicos dos granitóides cálcio-alcalinos Paleoproterozóicos do sudeste de Roraima. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 9., 2003, Belém – PA. **Resumos** [...] Belém: SBGq, 2003. p. 775-778.
- ARAUJO NETO, H.; MOREIRA, H. L. **Projeto Estanho de Abonari**: relatório final. Manaus: CPRM, 1976. 2 v. Convênio DNPM/CPRM.
- BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; POTES, M. L.; PILLON, C. N.; LOUZADA, R. M.; CAMPOS, A. A. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por diferentes tipos de rochas em colunas de lixiviação. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia - MG. **Anais** [...] Uberlândia: SBCS, 2011.
- BERGMANN, M.; HOLANDA, J. L. R. Rochagem. *In*: HOLANDA, J. L. R.; MARMOS, J. L.; MAIA, M. A. M. (org.) **Geodiversidade do estado de Roraima**. Manaus: CPRM, 2014. Capítulo 9, p. 189-212.
- BERRANGÉ, J. P. **The geology of southern Guyana, South America**. London: Institute of Geological Sciences, 1977.
- BLASKOWSKI, A. E.; BERGMANN, M.; CAVALCANTE, O. A. **Agrominerais da região Irecê-Jaguarari**. Salvador: CPRM, 2016. 105p. (Informe de Recursos Minerais. Série Insumos Minerais para a Agricultura, 19).
- BLASKOWSKI, A. E.; RIOS, D. C.; CONCEIÇÃO, H.; MARIANI, B. B. Potencial agromineral das rochas de descarte da Mina de Cromo Ipueira, Bahia. **Anuário de Geociências da UFRJ**, v. 42, n. 1, 2019. DOI: [https://doi.org/10.11137/2019\\_1\\_355\\_373](https://doi.org/10.11137/2019_1_355_373).
- BORGES, F. R. **Projeto Serra do Repartimento**: relatório de progresso. Manaus: CPRM, 1990. 30 p.
- BRANDÃO, R. L.; FREITAS, A. F. **Serra do Ajarani, Folha NA.20.XC- VI**: estado de Roraima. Manaus: CPRM, 1994. 153p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- BRASIL. Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 1980.
- BRASIL. Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Aprova o regulamento da lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jan. 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA n. 35, de 04 de julho de 2006. Dispõe sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jul. 2006a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 27, de 05 de junho de 2007. Dispõe sobre as concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jun. 2006b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 25, de 23 de julho de 2009. Aprova normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. [Revogada pela Instrução Normativa 61/2020]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jul. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 13, de 24 de março de 2011. Aprovar as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2011.
- BRASIL. Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 dez. 2013a.
- BRASIL. Decreto n. 8.059, de 26 de julho de 2013. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, 29 jul. 2013b.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 53, de 23 de outubro de 2013 (alterada pela IN MAPA nº 06 de 10 de março 2016). Dispõe sobre definições, a classificação, o registro e renovação de registro de estabelecimento, o registro de produto, a autorização de comercialização e uso de materiais secundários, o cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, de empresas geradoras de materiais secundários e de fornecedores de minérios, a embalagem, rotulagem e propaganda de produtos, as alterações ou os cancelamentos de registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores, substrato para plantas e materiais secundários. Credenciamento de instituições privadas de pesquisa. Requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico científico para fins de registro de fertilizante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas na condição de produto novo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 out. 2013c.
- BRASIL. Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. Altera o anexo ao decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o regulamento da lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 5, de 10 de março de 2016. Dispõe sobre os critérios e protocolos em remineralizadores e substratos para as plantas, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 mar.2016a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 6, de 10 de março de 2016. Altera a instrução normativa 53/2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 mar. 2016b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA n. 46, de 22 de novembro de 2016. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. [Revogada pela instrução normativa 39/2018]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 dez. 2016c.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 7, de 3 de maio de 2016. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA N.º 07 de 10 de março de 2016. Altera a Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de junho de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 maio de 2016d.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 39, de 8 de agosto de 2018. Determina as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 61, de 08 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 2020.
- BRANDY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
- CARNEIRO, C. D. C.; JULIANI, C.; CARREIRO-ARAUJO, S. A.; MONTEIRO, L. V. S.; CROSTA, A. P.; FERNANDES, C. M. D. New crustal framework in the amazon craton based on geophysical data: v. evidences of deep east-west trending suture zones. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 16, n. 1, p. 20-24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2018.2867551>.
- CARVALHO, A. M. **Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico**. 2012. 129f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- CICERI, D.; OLIVEIRA, M.; STOKES, R. M.; SKORINA, T.; ALLANORE, A. Characterization of potassium agrominerals: Correlations between petrographic features, comminution and leaching of ultrapotassic syenites. **Minerals Engineering**, v. 102, p. 42-57, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.11.016>.
- COLIN, Y.; NICOLITCH, O.; TURPAULT, M. P.; UROZ, S. Mineral types and tree species determine the functional and taxonomic structures of forest soil bacterial communities. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 83, n. 5, p. 1-23, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02684-16>.
- CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. In: HATCHER, R. D.; CARLSON, M. P.; MCBRIDE, J. H.; MARTINEZ-CATALAN, J. R. **4-D Framework of Continental Crust**. Boulder: Geological Society of America, 2007. p. 297-320.
- DELOR, C.; LAHONDÈRE, D.; EGAL, E.; LAFON, J. M.; COCHERIE, A.; GUERROT, C.; DE AVELAR, V. Guiana Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000-scale geological map of French. **Géologie de la France and Surrounding Areas**, n. 2-3-4, p. 5-57, 2003.
- DOURADO NETO, D.; APARECIDO DARIO, G. J.; SILVA, M. R.; PAVINATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina - Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2741-2751, 2012. DOI: DOI: [10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2741](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2741).

- DREHER, A. M.; FRAGA, L. M.; RAGATKY, D.; GRAZZIOTIN, H.; REIS, N. J. O Grupo Cauarane na Folha Vila de Tepequém, Roraima. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 11., 2009, Manaus – AM. **Resumos** [...] Manaus: SBG, 2009. 1 CD-ROM.
- EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. Evidências de movimentos transcorrentes na bacia do Tacutu. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 25., 1988, Belém - Pará. **Anais** [...] Belém: SBG, 1988. v.5.
- EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. Geologia e perspectivas petrolíferas da Bacia do Tacutu. *In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. (coord.) Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. p. 197-220.
- FERNANDES, C.M.D.; JULIANI, C. The tectonic controls on the Paleoproterozoic volcanism and the associated metallogeny in the South Amazonian craton, Brazil: Sr–Nd–Pb isotope constraints. **Precambrian Research**, v. 331, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105354>.
- FERRON, J. M. T. M.; BASTOS NETO, A. C.; LIMA, E. F.; COSTI, H. T.; MOURA, C. A. V.; PRADO, M.; PIEROSAN, R.; GALARZA, M. A. Geologia e geocronologia Pb-Pb de rochas graníticas e vulcânicas ácidas a intermediárias Paleoproterozóicas da Província Pitinga, Cráton Amazônico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 499-512, 2006.
- FIGUEIRÊDO, R. F. Contexto tectônico do Complexo Alcalino Apiaú - Roraima: aerogeofísica, petrologia e geocronologia U-Pb. 2016. 106f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- FIGUEIRÊDO, R. F.; SANTOS, T. J. S.; TONETTO, E. M. Petrology, geochemistry and U-Pb zircon and baddeleyite ages for the alkaline rocks from central-southern of the Guyana Shield, Amazonian Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 86, p. 461-474, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.08.001>.
- FRAGA, L. M. B. **A Associação Anortosito-Mangerito-Granito Rapakivi (AMG) do cinturão Guiana central, Roraima e suas encaixantes paleoproterozóicas**. 2002. 363 f. Tese (Doutorado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.
- FRAGA, L.M.; CORDANI, U.G. Early Orosirian tectonic evolution of the Central Guiana Shield: insights from new U-Pb SHRIMP data. *In: INTER GUIANA GEOLOGICAL CONFERENCE: Tectonics and Metallogensis of NE South America*, 2019, Paramaribo - Suriname. **Proceedings** [...] Paramaribo: Anton de Kom University of Suriname, 2019. p. 59-62.
- FRAGA, L. M.; REIS, N. J. The Calc-Alkaline Volcano-Plutonism in the Northern Roraima State, Guiana Shield: Implications for the Uatumã Event Concept and Geotectonic Significance. *In: SIMPÓSIO VULCANISMO AMBIENTES ASSOCIADOS*, 2., 2002, Belém - PA. **Boletim de resumos e roteiro da excursão** [...] Belém: SBG, 2002.
- FRAGA, L. M.; HADDAD, R. C.; REIS, N. J. Aspectos geoquímicos das rochas granitóides da Suíte Intrusiva Pedra Pintada - Norte do estado de Roraima. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 1, p. 3-12, 1997.
- FRAGA, L. M.; MACAMBIRA, M. J. B.; DALL’AGNOL, R.; COSTA, J. B. S. The age of the charnockitic rocks of the Serra da Prata intrusive suite, Central Guyana Belt, Guyana Shield. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 8., 2003, Manaus – AM. **Resumos expandidos** [...] Manaus: SBG, 2003.
- FRAGA, L. M.; REIS, N. J.; DALL’AGNOL, A. Cauarane - coeroeni belt– the main tectonic feature of the central Guyana Shield, Northern Amazonian Craton. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 11., 2009, Manaus – AM. **Anais** [...] Manaus: CPRM, 2009.
- FRAGA, L.M.B.; CORDANI, U.G.; ROEVER, E.D.; NADEAU, S.; MAURER, V.C. U-Pb SHRIMP new data on the high-grade supracrustal rocks of the Cauarane-Coeroeni Belt - insights on the tectonic Eo-Orosirian evolution of the Guiana Shield. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 15., 2017, Belém. **Anais** [...]. Belém: SBG, 2017a. p. 486-490.
- FRAGA, L. M. B.; DREHER, A. M.; REIS, N. J.; BETIOLLO, L. M.; SCANDOLARA, J. E. Geologia e recursos minerais da **Folha Ilha de Maracá – NA.20-X-A**: estado de Roraima. Escala 1:250.000. Manaus: CPRM, 2017b.
- FOLHA BOA VISTA. **Plantio de Grão deve crescer 33% em Roraima**. Boa Vista-RR, 2021. Disponível em: <https://folhabv.com.br/noticia/CIDADES/Capital/Plantio-de-graos-deve-crescer-em-33--em-Roraima/73574>. Acesso em: 4 mar. 2021.
- GARCINDO, L. B.; SOUZA, A. G. H.; LISBOA, T. M. Mapeamento geológico e estrutural da Folha Rio Uraricoera (na-20-x-biv), com ênfase no metamorfismo e geocronologia do Grupo Cauarane – nw de Boa Vista- RR. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 49., 2018, Rio de Janeiro – RJ. **Anais** [...] Rio de Janeiro: SBG, 2018.
- GAUDETTE, H.E.; OLSZEWSKI JR., W. J.; SANTOS, J. O. S. Geochronology of Precambrian Rocks from the Northern Part of Guiana Shield, State of Roraima, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 9, n. 3-4, p. 185-195, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(96\)00005-3](https://doi.org/10.1016/0895-9811(96)00005-3).
- GIBBS, A. K.; BARRON, C. N. The Guiana Shield reviewed. **Episodes**, v. 6, n. 2, p. 7-14, 1983. DOI: <https://doi.org/10.18814/epiiugs/1983/v6i2/003>.
- GILLMAN, G. P.; BURKETT, D. C.; COVENTRY, R. J. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochemistry**, v. 17, n. 8, p. 987-1001, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00078-1).
- GRECCO, M. F.; BAMBERG, A. L.; POTES, M. L.; LOUZADA, R.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M. Efeito de rochas moídas sobre a acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (ZeaMays) e de aveiapreta (Avena Strigosa). *In: CONGRESSO BRASILEIRO ROCHAGEM*, 2., 2013, Poços de Caldas - MG. **Anais** [...] Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 76.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2.ed. Ed. Rio de Janeiro, 2007. 316p. (Manuais técnicos em geociências, 4). Disponível em: [http:// biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf). Acesso em: 11 abr. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSP**. Rio de Janeiro, 2021.
- KLEIN, E. L.; ALMEIDA, M. E.; ROSA-COSTA, L. T. **The 1.89-1.87 Ga Uatumã Silicic Large Igneous Province, northern South America**. Ottawa, Canada: LIP Commission, 2012. 14p. Disponível em: <http://www.largeigneousprovinces.org/12nov>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- KRAHL, L. L. **Mineral formation and element release from aluminosilicate rocks promoted by maize rhizosphere**. 2020. 104f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- KROONENBERG, S. B.; DE ROEVER, E. W. F. Geological evolution of the Amazonian Craton. *In*: HOORN, C.; WESSELINGH, F. P. (ed.) **Amazonia, Landscape and Species Evolution**. Chichester: Blackwell Publishing, 2010. p. 7-28.
- KROONENBERG, S. B.; DE ROEVER, E. W. F.; FRAGA, L. M.; REIS, N. J.; FARACO, M. T. L.; LAFON, J.; CORDANI, U. G.; WONG, T. E. Paleoproterozoic evolution of the Guiana Shield in Suriname: a revised model. **Netherlands Journal of Geosciences**, v. 95, p. 491-522, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2016.10>.
- LE BAS, M. J.; LEMAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. A chemical classification of volcanic-rocks based on the total alkali silica diagram. **Journal of Petrology**, v. 27, n. 3, p. 745-750, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>.
- LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H. Fertilizer tropical soils for sustainable development. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SCIENCE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN LATIN AMERICA AND CARIBE, 1999, Rio de Janeiro - RJ. **Proceedings** [...] Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1999. p. 143-153.
- LUZARDO, R.; REIS, N. J. O Grupo Cauarane (Estado de Roraima): uma breve revisão litoestratigráfica. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7., 2001, Belém – PA. **Workshop II** [...] Belém: SBG, 2001. p. 43-45.
- MARQUES, S. N. S.; SOUZA, V. S.; DANTAS, E. L.; VALÉRIO, C. S.; DO NASCIMENTO, R. S. C. Contributions to the petrography, geochemistry and geochronology (U-Pb and Sm-Nd) of the Paleoproterozoic effusive rocks from Iricoumé Group, Amazonian Craton, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 1, p. 121-138, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2317-4889201400010010>.
- MENEZES LEAL, A. B. **Contribuição a petrologia e geoquímica do magmatismo basáltico mesozóico do estado de Roraima**. 1997. 137f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- MENEZES LEAL, A. B.; GIRARDI, V. A. V.; BASTOS LEAL, L. R. Geologia, petrografia e geoquímica dos sills Cotingo e Pedra Preta, Estado de Roraima, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n. 3, p. 233-250, 2006. Disponível em: <https://geobrasiliensis.emnuvens.com.br/geobrasiliensis/article/view/247>. Acesso em: 17 abr.2021.
- MENEZES LEAL, A. B.; GIRARDI, V. A. V.; LEAL, L. R. B. Petrologia e geoquímica do magmatismo básico mesozoico da Suíte Básica Apoteri, estado de Roraima, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 155-174, 2000. Disponível em: <https://geobrasiliensis.emnuvens.com.br/geobrasiliensis/article/view/173>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400004>.
- METSO MINERALS. **Manual de britagem**. 6.ed. Sorocaba, 2005. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3146075&forceview=1>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- MINERALOGY Database. 2021. Disponível em: <http://webmineral.com/>. Acesso em: 22 maio 2021.
- MONTALVÃO, R. M. G.; MUNIZ, M. B.; ISSLER, R. S.; DALL'AGNOL; LIMA, M. I. C.; FERNANDES, P. E. C. A.; SILVA, G. G. Geologia. *In*: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA.20-Boa Vista e parte das folhas NA.21-Tumucumaque, NB.20-Roraima e NB.21**. Rio de Janeiro, 1975. Cap. I, p. 13-136. (Levantamento de Recursos Naturais, 8).
- PIEROSAN, R.; DE LIMA, E. F.; NARDI, L. V. S.; BASTOS NETO, A. C.; DE CAMPOS, C. P.; JARVIS, K.; FERRON, J. M. T. M.; PRADO, M. Geochemistry of Palaeoproterozoic volcanic rocks of the Iricoume Group, Pitinga Mining District, Amazonian craton, Brazil. **International Geology Review**, v. 53, n. 8, 946-979, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/00206810903391542>.
- PINTO, V. M.; SANTOS, J. O. S.; RONCHI, L. H.; HARTMANN, L. A.; BICUDO, C. A.; DE SOUZA, V. Field and geochemical constraints on the relationship between the Apoteri basalts (northern Brazil, southwestern Guyana) and the Central Atlantic Magmatic Province. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 79, p. 384–393, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.08.015>.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Roraima Central: Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (Parciais)**. Estado de Roraima. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 1999. 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- QIU, W.; HU, W.; CURTIN, D.; MOTOI, L. Soil particle size range correction for improved calibration relationship between the laser-diffraction method and sieve-pipette method. **Pedosphere**, v. 31, n. 1, p. 134-144, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60055-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60055-8).



- REIS, N. J.; FRAGA, L. M. B. Vulcanismo Surumu- Estado de Roraima: caracterização de seu comportamento químico à luz de novos dados. *In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 39., 1996, Salvador - BA. **Anais [...]** Salvador: SBG, 1996. v. 2, p. 88-90.
- REIS, N. J.; RAMOS, M. N. **Geologia e recursos minerais da Folha Ilha de Maracá – NA.20- X-A**: Estado de Roraima. Relatório Técnico. Escala 1:250.000. Manaus: CPRM, 2016.
- REIS, N. J.; FARIA, M. S. G.; FRAGA, L. M. B.; HADDAD, R. C. Orosirian Calc-Alkaline Volcanism and the Orocaima Event in the Northern Amazonian Craton, Eastern Roraima State, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 3, p. 380-383, 2000.
- REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G.; ALMEIDA, M. E. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. **Géologie de la France and Surrounding Areas** – Special Guiana Shield, n. 2-3-4, p. 121-134, 2003.
- REIS, N. J.; SZATMARI, P.; WANDERLEY FILHO, J. R.; YORK, D.; EVENSEN, N. M.; SMITH, P. E. Dois eventos de magmatismo máfico mesozóico na fronteira Brasil-Guiana, escudo das Guianas: enfoque à região de rifte Tacutu-North Savannas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 43., 2006, Aracaju. **Anais [...]** Aracaju: SBG, 2006.
- REIS, N. J.; SCHOBENHAUS, C.; COSTA, F. Pedra Pintada, RR - Ícone do Lago Parime. *In: SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A; WINGE, M (ed.) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília: CPRM, 2009.
- REIS, N. J.; TEIXEIRA, W.; HAMILTON, M. A.; BISPO-SANTOS, F.; ALMEIDA, M. E.; D'AGRELLA-FILHO, M. S. Avanavero mafic magmatism, a late Paleoproterozoic LIP in the Guiana Shield, Amazonian Craton: U-Pb ID-TIMS baddeleyite, geochemical and paleomagnetic evidence. **Lithos**, v. 174, p. 175-195, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2012.10.014>.
- REIS, N. J.; NADEAU, S.; FRAGA, L. M.; BETIOLLO, L. M.; FARACO, M. T. L.; REECE, J.; LACHHMAN, D.; AULT, R. Stratigraphy of the Roraima Supergroup along the Brazil - Guyana border in the Guiana shield, Northern Amazonian Craton – results of the Brazil- Guyana Geology and Geodiversity Mapping Project. **Brazilian Journal of Geology**, v. 47, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-4889201720160139>.
- REIS, N. J.; CORDANI, U.; GOULART, L. E. A.; ALMEIDA, M. E.; OLIVEIRA, V.; MAURER, V. C.; WAHNFRIED, I. Zircon U-Pb SHRIMP ages of the Demêni-Mocidade Domain, Roraima, southern Guiana Shield, Brazil : extension of the Uatumã Silicic Large Igneous Province. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 4, n. 1, 61-76, 2021.
- RIBEIRO, G. M.; DE ALMEIDA, J. A.; SILVA, L.; Solubilização de fonolito, basalto e olivina melilitito em ácido cítrico e ácido acético. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM*, 3., 2016, Pelotas – RS. **Anais [...]** Brasília: EMBRAPA, 2016.
- RIKER, S. R. L.; ARAÚJO, R. V.; REIS, N. J. Grupo Cauarane. *In: CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Roraima Central: Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (Parciais)*. Estado de Roraima. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 1999. 1 CD-ROM. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.
- RODRIGUES, V. O.; MACAMBIRA, M. J. B.; TASSINARI, C. C. G.; SATO, K. Geocronologia U-Pb em zircão do granulito Barauana Guiana Central, Roraima. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 16., 2019, Manaus – AM. **Anais [...]** Manaus: SBG, 2019. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/simposioamazonas/ANAIS\\_16\\_Simposio\\_Geologia\\_da\\_Amazonia.pdf](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/simposioamazonas/ANAIS_16_Simposio_Geologia_da_Amazonia.pdf). Acesso em: 20 abr. 2022.
- SANTOS, J. O. S. Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil Central. *In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM, 2003. p. 169-226.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. **Gondwana Research**, v. 3, n. 4, p. 453-488, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70755-3](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70755-3).
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; FARIA, M. S. G.; RIKER, S. R. L.; SOUZA, M. M.; ALMEIDA, M. E.; MCNAUGHTON, N. J. A compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 9., 2006, Belém - PA. **Resumo Expandido [...]**. Belém: SBG, 2006. 1 CD-ROM.
- SCANDOLARA, J. E.; CORREA, R. T.; FUCK, R. A.; SOUZA, V. S.; RODRIGUES, J. B.; RIBEIRO, P. S. E.; FRASCA, A. A. S.; SABOIA, A. M.; LACERDA FILHO, J. V. Paleo-Mesoproterozoic arc-accretion along the southwestern margin of the Amazonian craton: The Jurueña accretionary orogen and possible implications for Columbia supercontinent. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 73, p. 223-247, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.12.005>.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Laboratório de Análises Minerais da Superintendência de Manaus - LAMIN-MA**. Manaus: CPRM, 2019.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Laboratório de Análises Minerais da Superintendência de Belém - LAMIN-BE**. Belém: CPRM, 2021.
- SUROZ, S.; TURPAULT, M. P.; DELARUELLE, C.; MARESCHAL, L.; PIERRAT, J. C.; FREY-KLETT, P. Minerals affect the Specific Diversity of Forest Soil Bacterial Communities. **Geomicrobiology Journal**, v. 29, n. 1, p. 88-98, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490451.2010.523764>.
- UROZ, S.; KELLY, L. C.; TURPAULT, M.-P.; LEPLEUX, C.; FREY-KLETT, P. The mineralosphere concept: mineralogical control of the distribution and function of mineral-associated bacterial communities. **Trends in Microbiology**, v. 23, n. 12, p. 751-762. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2015.10.004>.

VALERIO, C. S.; SOUZA, V. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; GALARZA, M. A. Geoquímica e geocronologia Pb-Pb em zircão da Suíte Intrusiva Água Branca, município de Presidente Figueiredo (AM): evidências de colisão no Paleoproterozóico da Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 359-370, 2006. Disponível em: <https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9345>. Acesso em: 22 abr. 2022.

VAN STRAATEN, P. **Agrogeology**: the use of rocks for crops. Cambridge, Ontário: Environquest, 2007. 440p.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T.; SILVA, C. M. G.; KLEIN, E. L. Compartimentação tectônica. *In*: VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (ed.) **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008. p. 39-112.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 104p. (Documento, 22).

## ANEXOS

---

## **ANEXO I A - LISTA DE AMOSTRAS**

---

**Tabela Anexo I A** - Tabela com a lista de amostras coletadas nas duas etapas de campo realizadas pelo projeto. Sendo a primeira etapa realizada entre os dias 1 e 18 de abril de 2019 e a segunda etapa entre os dias 10 e 14 de março de 2020.

Nº	AMOSTRA	Nº LABORATÓRIO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	GRANUL.	LITOGEOQUÍMICA	FRX	PETROGRAFIA	DRX	ROCHA (CLASSIFICAÇÃO)	UNIDADE LITOESTATIGRAFICA	STATUS (LAVRA, DEPÓSITO, OCORRÊNCIA)	LAVRA (SITUAÇÃO)
1	PB-R-01A	ECD-127	-1,83911	-60,1233	72	não	sim	sim	sim	sim	Qtz Monzonito	Suíte Água Branca	Lavra	ativa
2	PB-R-01B	ECD-128	-1,83911	-60,1233	72	não	sim	sim	sim	sim	Qtz Monzonito	Suíte Água Branca	Lavra	ativa
3	PB-R-01C	ECD-129	-1,83911	-60,1233	72	não	sim	sim	sim	não	Diabásio	Suíte Água Branca	Lavra	ativa
4	PB-R-01D		-1,83911	-60,1233	72	não	não	não	não	não	Contato	Suíte Água Branca	Lavra	ativa
5	PB-R-01E	ECD-130	-1,83911	-60,1233	72	sim	sim	sim	não	não	Pó de Brita	Suíte Água Branca	Lavra	ativa
6	PB-R-02	ECD-131	-1,83107	-60,0709	105	não	sim	sim	sim	não	Riolito	Grupo Iricoumé	Lajedo em cachoeira	inexistente
7	PB-R-03	ECD-132	-1,79649	-60,1417	80	não	sim	sim	sim	sim	Riolito	Grupo Iricoumé	Lavra	inativa
8	PB-R-04A	ECD-133	-1,69443	-60,1699	90	não	sim	sim	sim	sim	Microgranito	Suíte Mapuera - Granito São Gabriel	Lavra	ativa
9	PB-R-04B	ECD-134	-1,69443	-60,1699	90	não	sim	sim	sim	sim	Qtz diorito	Suíte Mapuera - Granito São Gabriel	Lavra	ativa
10	PB-R-04C	ECD-135	-1,69443	-60,1699	90	sim	sim	sim	não	não	Pó de Brita	Suíte Mapuera - Granito São Gabriel	Lavra	ativa
11	PB-R-05A	ECD-136	-1,58534	-60,1568	45	não	sim	sim	não	sim	Riolito	Grupo Iricoumé	Lavra	ativa
12	PB-R-05B	ECD-137	-1,58534	-60,1568	45	não	não	não	sim	não	Riolito	Grupo Iricoumé	Lavra	ativa
13	PB-R-05D	ECD-138	-1,58534	-60,1568	45	não	não	não	não	sim	Saprolito de Riolito	Grupo Iricoumé	Lavra	ativa
14	PB-R-05C	ECD-139	-1,58534	-60,1568	45	sim	sim	sim	não	não	Pó de Brita	Grupo Iricoumé	Lavra	ativa
15	PB-R-06	ECD-140	-1,30652	-60,3924	90	não	não	não	sim	não	Granito	Suíte Mapuera - Granito Abonarí	Lavra	ativa
16	PB-R-07A	ECD-141	2,26345	-61,5082	129	não	sim	sim	sim	sim	Mangerito	Suíte Mucajá	Lavra	ativa
17	PB-R-07B	ECD-142	2,26345	-61,5082	129	não	não	não	não	sim	Saprolito de mangerito	Suíte Mucajá	Lavra	ativa
18	PB-R-07C	ECD-143	2,26345	-61,5082	129	não	sim	sim	não	não	Pó da perfuração com a broca diamantada	Suíte Mucajá	Lavra	ativa
19	PB-R-08	ECD-144	2,43884	-60,9504	80	não	não	não	sim	não	Gnaisse granítico	Suíte Rio Urubú - Gnaisse Rio Branco	Lavra	ativa

(Continua)

**Tabela Anexo I A** - Tabela com a lista de amostras coletadas nas duas etapas de campo realizadas pelo projeto.

Sendo a primeira etapa realizada entre os dias 1 e 18 de abril de 2019 e a segunda etapa entre os dias 10 e 14 de março de 2020 (continuação).

Nº	AMOSTRA	Nº LABORATÓRIO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	GRANUL.	LITOGEOQUÍMICA	FRX	PETROGRAFIA	DRX	ROCHA (CLASSIFICAÇÃO)	UNIDADE LITOESTATIGRAFICA	STATUS (LAVRA, DEPÓSITO, OCORRÊNCIA)	LAVRA (SITUAÇÃO)
20	PB-R-09A	ECD-145	2,27884	-61,1509	115	não	sim	sim	sim	não	Mangerito	Suíte Intrusiva Serra da Prata	Serra	inexistente
21	PB-R-09B	ECD-146	2,27884	-61,1509	115	não	sim	sim	sim	não	Leucogabro	Suíte Intrusiva Serra da Prata	Serra	inexistente
22	PB-R-09C	ECD-147	2,27884	-61,1509	115	não	sim	sim	sim	não	Gabro	Suíte Intrusiva Serra da Prata	Serra	inexistente
23	PB-R-10A	ECD-148	2,95548	-60,7368	100	não	sim	sim	sim	sim	Andesito basáltico	Basalto Apoteri	Lavra	ativa
24	PB-R-10B	ECD-149	2,95548	-60,7368	100	não	sim	sim	sim	sim	Traquiandesito basáltico	Basalto Apoteri	Lavra	ativa
25	PB-R-10C	ECD-150	2,95548	-60,7368	100	sim	sim	sim	não	não	Pó de Brita	Basalto Apoteri	Lavra	ativa
26	PB-R-11	ECD-151	2,89571	-60,7801	87	não	não	não	sim	sim	Basalto	Basalto Apoteri	Blocos	inexistente
27	PB-R-12A	ECD-152	2,94828	-60,7444	169	não	sim	sim	sim	sim	Brecha vulcânica	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
28	PB-R-12B	ECD-153	2,94872	-60,7448	153	não	sim	sim	sim	sim	Traquiandesito basáltico	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
29	PB-R-13	ECD-156	3,96771	-61,043	127	não	não	não	sim	não	Monzogranito	Saracura	Lavra	inativa
30	PB-R-14	ECD-157	4,06272	-61,0409	131	não	sim	sim	sim	não	Metariolito	Cuarane	Lajedo	inexistente
31	PB-R-15	ECD-158	3,99482	-61,042	124	não	não	não	sim	não	Metariolito	Cuarane	Serra	inexistente
32	PB-R-16A	ECD-159	3,19777	-60,1659	267	não	sim	sim	sim	sim	Basalto	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
33	PB-R-16B	ECD-160	3,19904	-60,166	237	não	sim	sim	sim	sim	Andesito basáltico	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
34	PB-R-16C	ECD-161	3,19978	-60,1663	209	não	sim	sim	sim	sim	Basalto	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
35	PB-R-16D	ECD-162	3,20031	-60,1667	188	não	sim	sim	sim	sim	Basalto	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
36	PB-R-17	ECD-163	3,27812	-59,8716	88	não	sim	sim	sim	sim	Carbonática	?	Blocos decimétricos	inexistente

(Continua)

**Tabela Anexo I A** - Tabela com a lista de amostras coletadas nas duas etapas de campo realizadas pelo projeto.

Sendo a primeira etapa realizada entre os dias 1 e 18 de abril de 2019 e a segunda etapa entre os dias 10 e 14 de março de 2020 (continuação).

Nº	AMOSTRA	Nº LABORATÓRIO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	GRANUL.	LITOGEOQUÍMICA	FRX	PETROGRAFIA	DRX	ROCHA (CLASSIFICAÇÃO)	UNIDADE LITOESTATIGRAFICA	STATUS (LAVRA, DEPÓSITO, OCORRÊNCIA)	LAVRA (SITUAÇÃO)
37	PB-R-18	ECD-164	2,58701	-60,6431	109	não	não	não	sim	não	Gnaiss granítico	Ortognaisse Rio Urubu	Blocos decamétricos no pé da serra	inexistente
38	PB-R-19	ECD-165	2,34671	-60,6383	80	não	não	não	sim	não	Gabro	Suíte Máfia-Ultramáfica Uruicaá	Blocos métricos	inexistente
39	PB-R-20A	ECD-166	2,24798	-60,5287	112	não	não	não	sim	não	Gnaiss Fino	Augengnaiss Rio Urubu	Blocos métricos no pé da serra	inexistente
40	PB-R-20B	ECD-167	2,24798	-60,5287	112	não	não	não	sim	não	Augen Gnaiss Porfírico	Augengnaiss Rio Urubu	Blocos decamétricos	inexistente
41	PB-R-21	ECD-168	2,17364	-60,7113	114	não	sim	sim	sim	sim	Mangerito	Complexo Rio Urubu - Metagranitóides	Blocos decamétricos	inexistente
42	PB-R-22	ECD-169	2,14079	-60,6673	134	não	não	não	sim	não	Charnockito	Complexo Rio Urubu - Metagranitóides	Blocos decamétricos no pé da serra	inexistente
43	PB-R-23A	ECD-170	1,9501	-60,632	110	não	sim	sim	sim	não	Augengnaiss monzogranítico	Ortognaisse Rio Urubu	Corte de estrada	inexistente
44	PB-R-23B	ECD-171	1,93141	-60,6205	111	não	sim	sim	sim	não	Augengnaiss monzonítico	Ortognaisse Rio Urubu	Corte de estrada	inexistente
45	PB-R-24	ECD-172	1,74732	-60,5044	90	não	sim	sim	sim	sim	Granulito	Ortognaisse Barauana	Corte de estrada	inexistente
46	PB-R-25A	ECD-173	0,990371	-60,4102	90	não	sim	sim	sim	sim	Monzogranito	Granito Martins Pereira	Lavra	ativa
47	PB-R-25B	ECD-174	0,990371	-60,4102	90	sim	sim	sim	não	não	Pó de Brita	Granito Martins Pereira	Lavra	ativa
48	PB-R-026	ECD-392	2,90475011	-60,77370071	68	não	sim	não	sim	não	Traquiandesito basáltico	Basalto Apoteri	Lajedo	inexistente
49	PB-R-027A	ECD-393	2,92038012	-60,75519943	181,63	não	sim	não	sim	não	Basalto	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
50	PB-R-027B	ECD-394	2,91973996	-60,75540161	176,89	não	não	não	sim	não	Basalto	Basalto Apoteri	Serra	inexistente

(Continua)

**Tabela Anexo I A** - Tabela com a lista de amostras coletadas nas duas etapas de campo realizadas pelo projeto.

Sendo a primeira etapa realizada entre os dias 1 e 18 de abril de 2019 e a segunda etapa entre os dias 10 e 14 de março de 2020 (continuação).

Nº	AMOSTRA	Nº LABORATÓRIO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	GRANUL.	LITOGEOQUÍMICA	FRX	PETROGRAFIA	DRX	ROCHA (CLASSIFICAÇÃO)	UNIDADE LITOESTATIGRAFICA	STATUS (LAVRA, DEPÓSITO, OCORRÊNCIA)	LAVRA (SITUAÇÃO)
51	PB-R-027C	ECD-395	2,91999006	-60,75590134	175,56	não	sim	não	sim	não	Traquiandesito basáltico	Basalto Apoteri	Serra	inexistente
52	PB-R-028	ECD-396	4,67057991	-60,29370117	626,79	não	sim	não	sim	não	Gabro	Sill Pedra Preta?	lajedo	inexistente
53	PB-R-029	ECD-397	4,66373014	-60,28879929	618	não	sim	não	sim	não	Gabro	Sill Pedra Preta?	lajedo	inexistente
54	PB-R-030A	ECD-398	4,5644002	-60,16009903	522,66	não	não	não	sim	não	Metarenito	Supergrupo Roraima	Serra	inexistente
55	PB-R-030B	ECD-399	4,5644002	-60,16009903	522,66	não	sim	não	sim	não	Gabro	Sill Pedra Preta?	Serra	inexistente
56	PB-R-030C	ECD-400	4,56687021	-60,16210175	530,44	não	não	não	sim	não	?	?	Serra	inexistente
57	PB-R-030D	ECD-401	4,56687021	-60,16210175	530,44	não	não	não	sim	não	?	?	Serra	inexistente
58	PB-R-031A	ECD-402	4,42164993	-60,19309998	536,42	não	sim	não	sim	não	Traquidacito	Grupo Surumu	Serra	inexistente
59	PB-R-031B	ECD-403	4,42164993	-60,19309998	536,42	não	sim	não	sim	não	Traquidacito	Grupo Surumu	Serra	inexistente
60	PB-R-032	ECD-404	4,44836998	-60,25460052	482,47	não	sim	não	sim	não	Traquidacito	Grupo Surumu	Serra	inexistente
61	PB-R-33	ECD-405	4,47869015	-60,25479889	413,23	não	sim	não	sim	não	Traquidacito	Grupo Surumu	Serra	inexistente
62	PB-R-34	ECD-406	4,48351002	-60,25659943	382,24	não	sim	não	sim	não	Traquiandesito	Avanaveiro?	Lajedo	inexistente
63	PB-R-35	ECD-407	4,48085022	-60,21770096	447,43	não	sim	não	sim	não	Traquidacito/ Traquiandesito	Grupo Surumu	Serra	inexistente
64	PB-R-36	ECD-408	4,57444	-60,21849823	639,81	não	sim	não	sim	não	Tufo	?	Barranca	inexistente



## ANEXO I B - FICHAS PETROGRÁFICAS

---

Análises petrográficas efetuadas a partir de lâminas delgadas confeccionadas pelo Laboratório LAMIM-MA da Superintendência de Manaus do Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. A partir das análises foi possível a descrição das litologias e a caracterização das fases minerais, com foco na identificação de minerais com condição de abertura cristalina e suas feições de alteração e dissolução. As descrições petrográficas mais relevantes também contaram com a contagem modal dos minerais, para tanto, como parâmetro, foi adotada uma malha regular de 2 em 2mm, o que permitiu uma contagem de cerca de 250 pontos por lâmina.

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-01A	-1,83911	-60,1233

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Quartzo Monzonito	Suíte Água Branca

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		x

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Granitoide isotrópico fanerítico médio a grosso, formado principalmente por Kfs, Plg, Qtz e Anf. Em menores quantidades temos sericita, opacos, Bt, Cpx, Opx e clorita. Dentro dos feldspatos é possível identificar cristais minúsculos de apatita e epidoto.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (226 pontos)	%
K Feldspato	33,6
Plagioclásio	30,5
Quartzo	15,5
Anfibólio	5,8
Sericita	6,2
Opacos	2,7
Biotita	1,8
Cpx	1,3
Opx	1,3
Clorita	1,3

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**K Feldspato**

Cristais euédricos a subédricos, majoritariamente entre 1 e 4mm de diâmetro, pertíticos em sua maioria, apresentam muitas vezes zonação concêntrica, algumas vezes apresentam geminação tartan e muitas vezes encontram-se parcialmente sericitizados. Essa sericitização muitas vezes marca a zonação do cristal.

**Plagioclásio**

Cristais euédricos a subédricos, formato alongado típico(ripas), com grande variação de tamanho (0,5 a 6mm), apresentando geminação polissintética bem marcada (principal fator para a separação do Kfs e Plg), parcialmente alterados (epidoto e sericita).

## Quartzo

Anédrico, intersticial, cor de interferência baixa, extinção ondulante forte a moderada, majoritariamente menores que 2mm.

## Anfibólio

Subédricos a Anédricos, por vezes mantendo núcleos de Px, fortemente pleocróicos, raramente ultrapassam 1,5mm de diâmetro.

## 6 - NOME DA ROCHA

Quartzo Monzonito

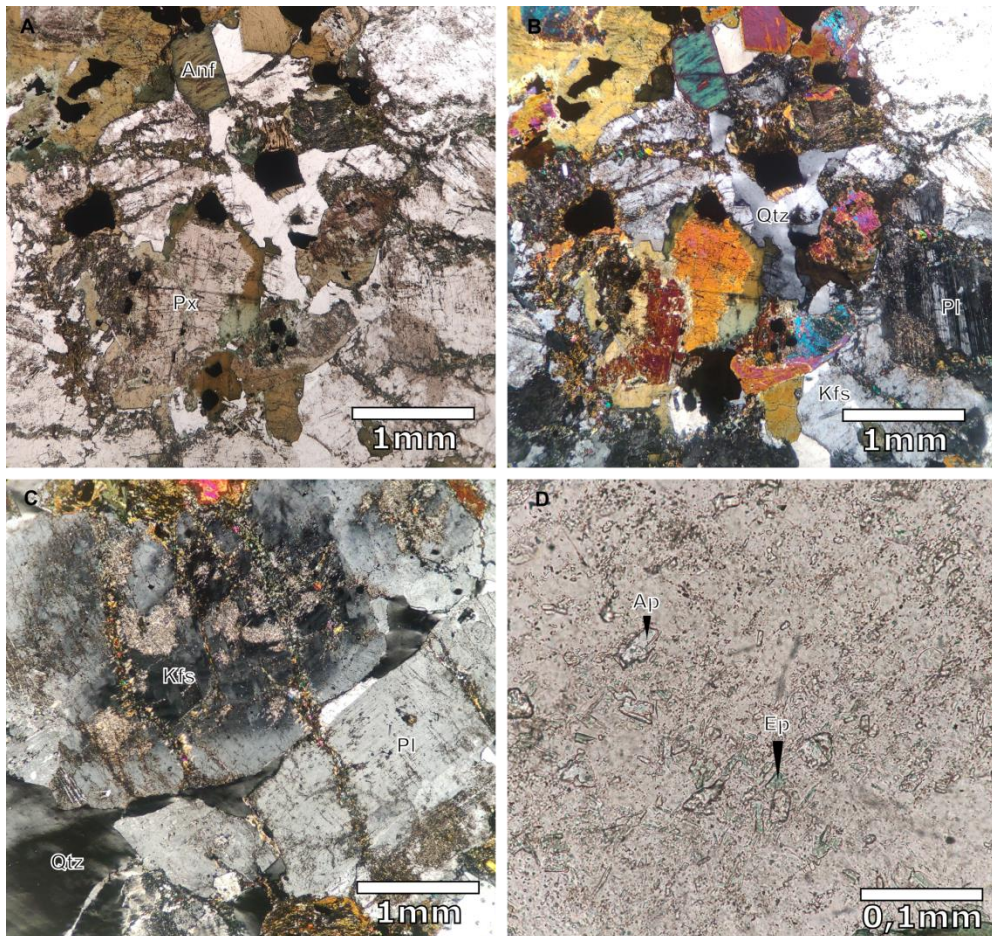
## 7 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)

Os cristais mais bem formados parecem ser os de Plg, e os menos bem formados seriam os de Qtz. Sericita, Clorita, Epidoto e Opácos seriam minerais de alteração.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19		Paulo Benevides Filho

## 9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-01B	-1,83911	-60,1233

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Quartzo Monzonito	Suíte Água Branca

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		x

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Granitoide isotrópico fanerítico médio a grosso, formado principalmente por Kfs, Qtz, Plg e Anf. Em menores quantidades temos sericita, opacos. Dentro dos feldspatos é possível identificar cristais minúsculos de apatita e epidoto. Essa é a mesma rocha da lamina PB-01A, a diferença é que essa amostra foi coletada em zonas de alteração potássica, onde a rocha além de mais fraturada, encontrava-se bem avermelhada.

**4- ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (235 pontos)	%
K feldspato	66,4
Quartzo	11,9
Plagioclásio	11,1
Anfibólio	10,2
Sericita	0,9
Opacos	0,9

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**K Feldspato**

Cristais euédricos a subédricos, majoritariamente entre 1 e 4mm de diâmetro, pertíticos em sua maioria, apresentam muitas vezes zonação concêntrica, algumas vezes apresentam geminação tartan e muitas vezes encontram-se parcialmente sericitizados. Essa sericitização muitas vezes marca a zonação do cristal.

**Plagioclásio**

Cristais euédricos a subédricos, formato alongado típico (ripas), com grande variação de tamanho (0,5 a 6mm), apresentando geminação polissintética bem marcada (principal fator para a separação do Kfs e Plg), parcialmente alterados (epidoto e sericita).

**Quartzo**

Anédrico, intersticial, cor de interferência baixa, extinção ondulante forte a moderada, majoritariamente

menores que 2mm.

### Anfibólio

Subédricos a Anédricos, fortemente pleocróicos, raramente ultrapassam 1,5mm de diâmetro.

### 6 - NOME DA ROCHA

Quartzo Monzonito

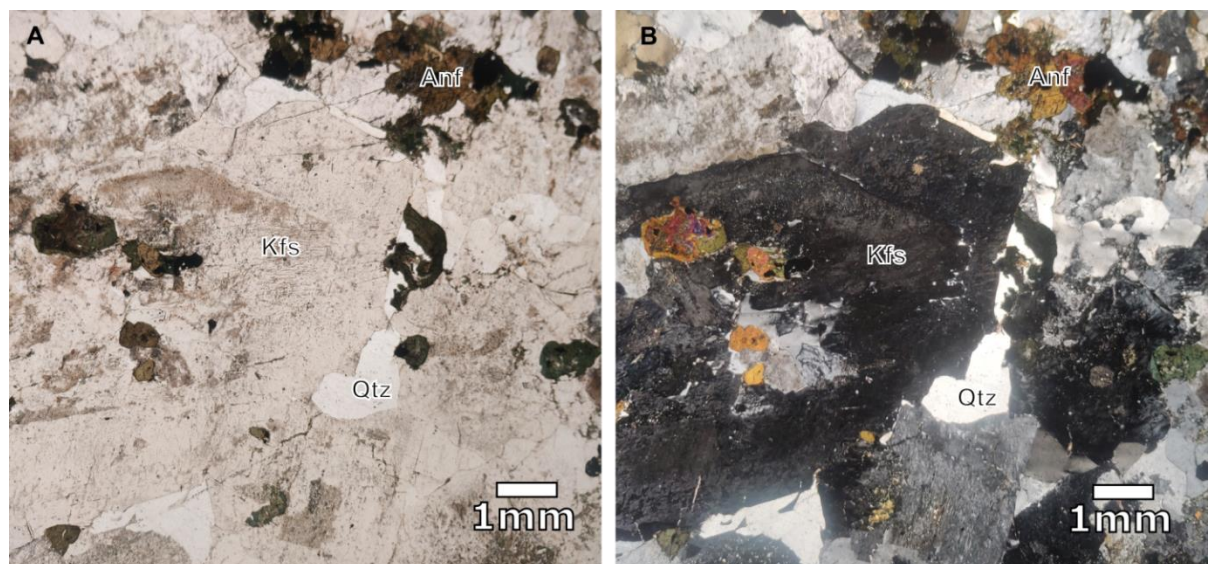
### 7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)

Os cristais mais bem formados parecem ser os de Plg, e os menos bem formados seriam os de Qtz. Sericita e Opácicos seriam minerais de alteração.

### 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19		Paulo Benevides Filho

### 9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-01C	-1,83911	-60,1233	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Máfica hidrotermalizada	Suíte Água Branca

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD LP AQM DRX MEV

x		x		
---	--	---	--	--

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha de coloração verde muito escura, muito fina, com alguns veios milimétricos de coloração branca. Ao microscópio a rocha apresenta-se bastante alterada, sendo bastante difícil separar os minerais. Parece ser predominantemente composta de actinolita, plagioclásio alterado a sericita e epidoto. É notável também a presença de cristais de apatita além de algum quartzo, biotita e opacos.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS ( )	%
PI Sericitizado	40
Actinolita	35
Opacos	10
Epidoto	10
Quartzo	2
Biotita	2
Apatita	1

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**PI/Sericita**

Finas ripas com em média 0,1mm de comprimento com suas características ópticas totalmente obliteradas, por vezes formando também uma massa que ocupa parte substancial da lamina.

**Actinolita**

Massa asbestiforme que parece crescer por sobre a mineralogia original da rocha.

**Opacos**

Tem entre 0,15 a 0,05 mm de diâmetro, os menores tem formato granular arredondado, os maiores são por vezes ameboides.

**Epidoto**

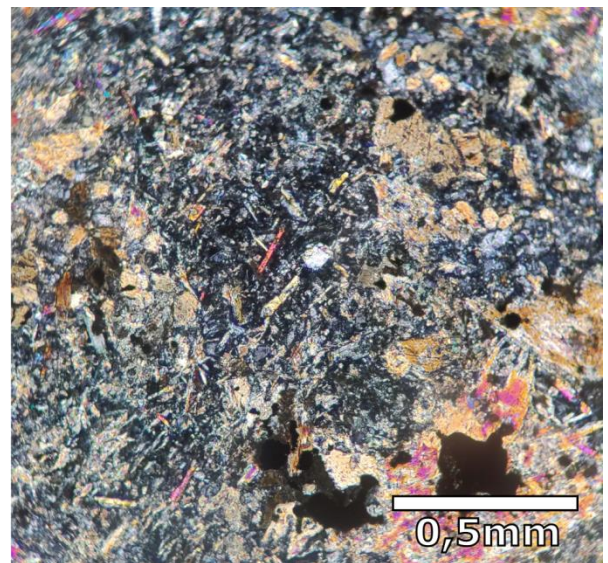
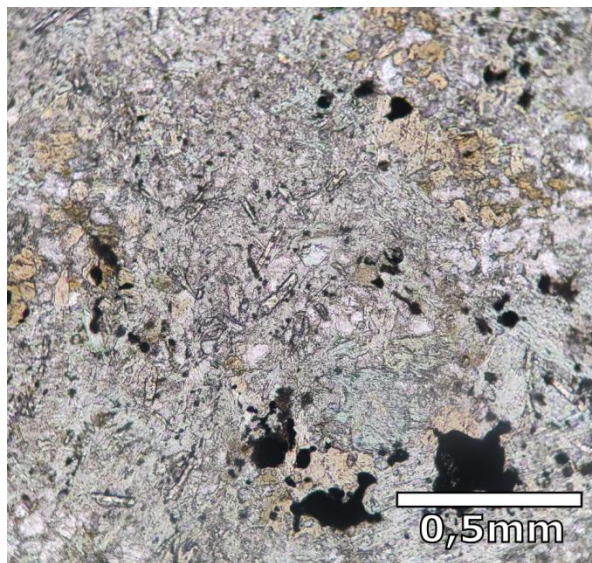
Cristais ripiformes com 0,15 a 0,05mm de comprimento, incolores e com alto relevo e extinção paralela.

**6 - NOME DA ROCHA**

Anfibolito Hidrotermalizado?

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)****8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
08/09/20	14/10/20	Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-05B	-1,58534	-60,1568	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Riolito	Grupo Iricoumé

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha vulcânica porfírica de matriz afanítica e coloração rosa acinzentada com venulações milimétricas de coloração esverdeada, os fenocristais de qtz arredondados com cerca de 2mm e os fenocristais de feldspato até 3mm de coloração esbranquiçada, por vezes esverdeados no núcleo e avermelhados nas bordas.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (120 pontos)	%
Matriz	77,5
K Feldspato	10
Plagioclásio	5,8
Min. de alteração	3,3
Quartzo	3,0
Opacos	0,8

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**K Feldspato**

Cristais euédricos a subédricos, majoritariamente entre 1 e 4mm de diâmetro, pertíticos em sua maioria, apresentam muitas vezes zonação concêntrica, algumas vezes apresentam geminação tartan e muitas vezes encontram-se parcialmente sericitizados. Essa sericitização muitas vezes marca a zonação do cristal.

**Plagioclásio**

Cristais euédricos a subédricos, formato alongado típico (ripas), com grande variação de tamanho (0,5 a 6mm), apresentando geminação polissintética bem marcada (principal fator para a separação do Kfs e Plg), parcialmente alterados (epidoto e sericita).



## Quartzo

Anédrico, intersticial, cor de interferência baixa, extinção ondulante forte a moderada, majoritariamente menores que 2mm.

## Anfibólio

Subédricos a Anédricos, fortemente pleocróicos, raramente ultrapassam 1,5mm de diâmetro.

## 6 - NOME DA ROCHA

Quartzo Monzonito

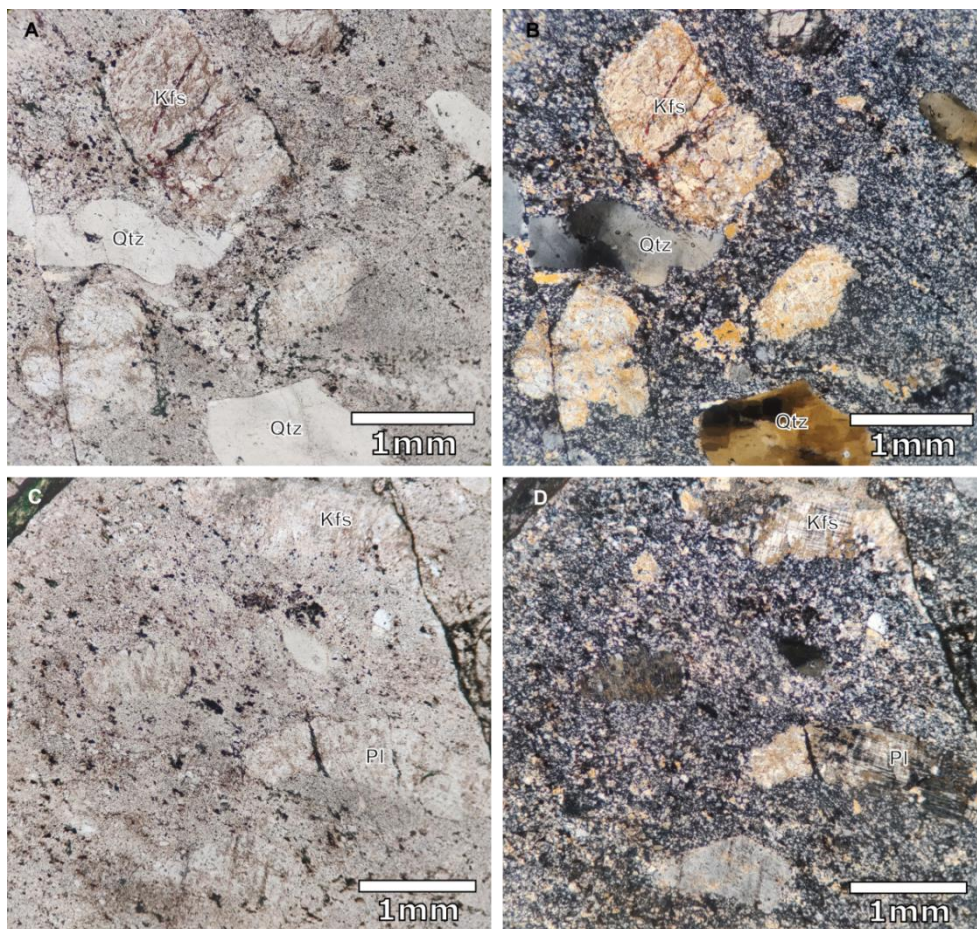
## 7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)

Os cristais mais bem formados parecem ser os de Plg, e os menos bem formados seriam os de Qtz. Sericita e Opácos seriam minerais de alteração.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19		Paulo Benevides Filho

## 9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-07A	2,26345	-61,5082

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Mangerito	Suíte

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Granitoide isotrópico fanerítico grosso a muito grosso, formado principalmente por Kfs, Pl, Qtz, Opx, Cpx. Em menores quantidades temos Anfibólio e opacos. É relevante também a presença de cristais mirmekíticos na rocha, além disso, o Opx e Cpx na grande maioria das vezes apresentam-se associados em um mesmo cristal por exolução.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (221 pontos)	%
K feldspato	58,8
Plagioclásio	16,3
Quartzo	10,4
Opx+Cpx	8,6
Mirmekita	3,6
Anfibólio	1,8
Opacos	0,5

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**K Feldspato**

Cristais anédricos, sem geminação aparente na maioria dos espécimes (geralmente alguns cristais menores e mais bem formados podem exibir geminação tartan), as lamelas de pertita são bem visíveis nos espécimes, cristais de diversos tamanhos foram observados, mas predominam os cristais muito grandes, não é incomum encontrar cristais com mais de 15mm de diâmetro. Esses grandes cristais possuem inclusões da maioria das outras fases identificadas na lâmina. É notável também a presença de “vênulas” de coloração verde-amarelada cortando os cristais.

**Plagioclásio**

Cristais subédricos a anédricos, apresentando geminação polissintética bem marcada, predominantemente possuem entre 1,5 e 3mm de diâmetro. Aparecem por vezes também como pequenas gotas (0,1 a 0,4mm) exsolvidas ou inclusas dentro dos grandes cristais de Kfs.

**Quartzo**

Anédrico, intersticial, cor de interferência bege a laranja(lamina grossa), extinção ondulante forte a moderada, majoritariamente menores que 2mm. Geralmente nas bordas dos grandes cristais de Kfs encontramos cristais mirmekíticos, também em formato anédrico, com cerca de 1mm de diâmetro.

**Opx+Cpx**

Geralmente aparecem em aglomerados de cristais subédricos a anédricos com tamanhos que variam entre 0,5 e 1mm de diâmetro, apresentam lamelas de exsolução caracterizando a associação de Opx e Cpx no mesmo cristal, raramente são observados separadamente na lamina.

**6 - NOME DA ROCHA**

Mangerito

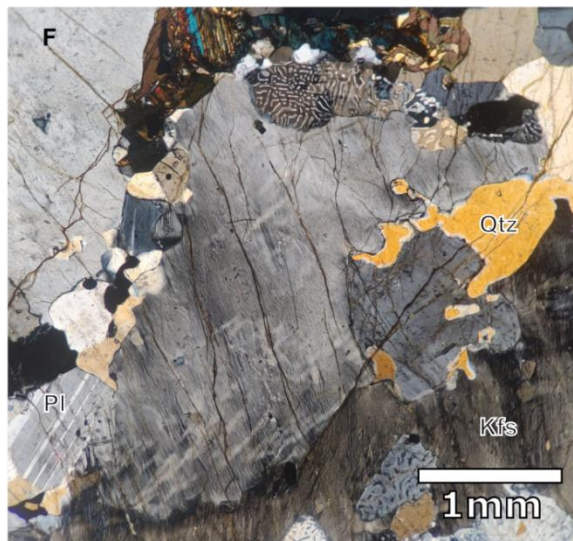
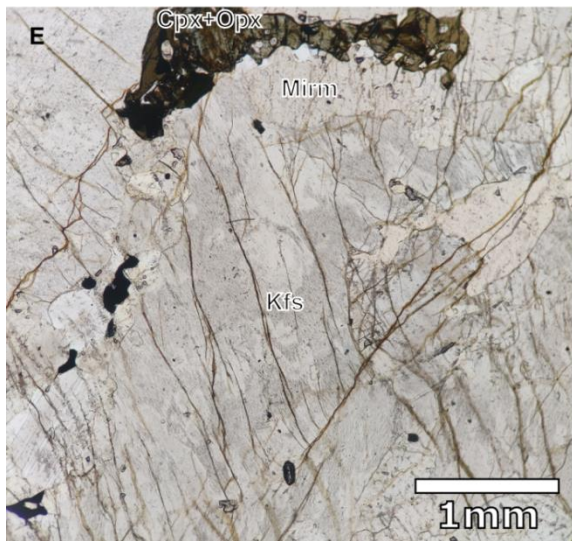
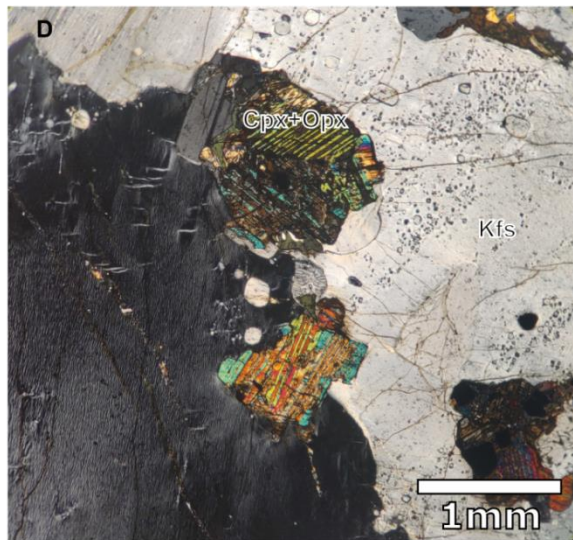
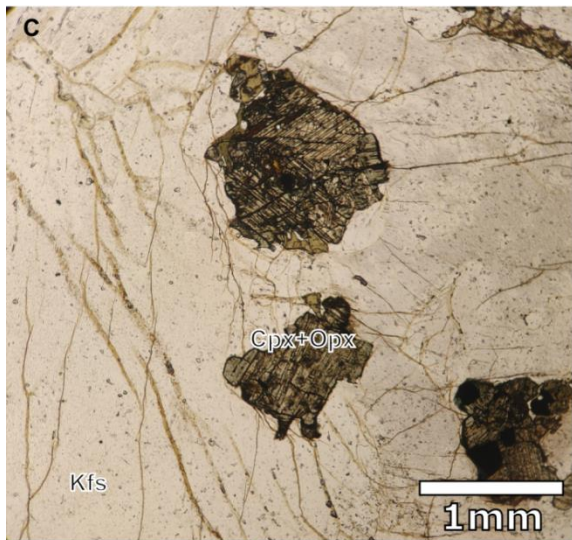
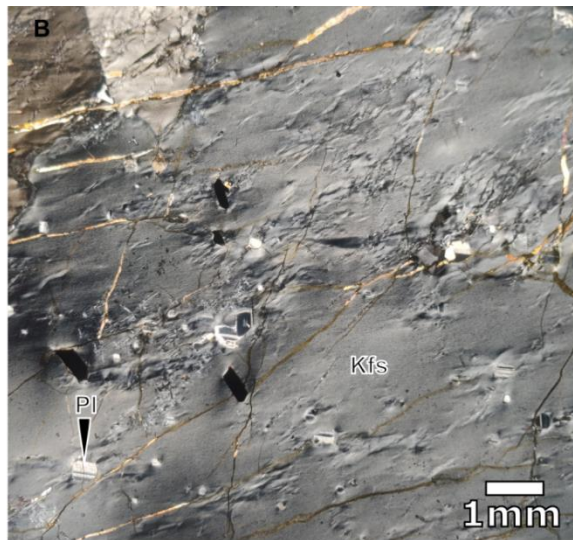
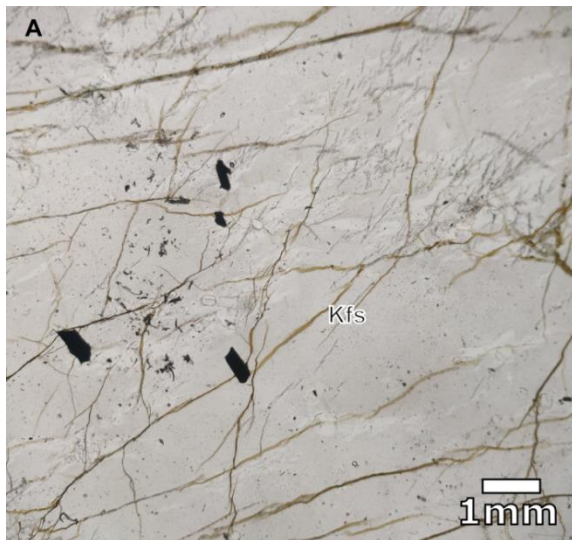
**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

A lâmina possui um aspecto meio poikilitico. É justo afirmar que o quartzo e o Kfs são as ultimas fases a se cristalizar, primeiro o Kfs engolfando as fases anteriores, mirmekitas nas bordas destes, e o quartzo nos interstícios restantes.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19	08/09/20	Paulo Benevides Filho

9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-10 A e B	2,95548	-60,7368

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Basalto Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x	x	

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto afanítico a fanerítico fino, a rocha encontra-se alterada, o que afetou as propriedades óticas dos minerais dificultando sua identificação, é possível observar as ripas de plagioclásio e pequenos cristais de birrefringência média a alta(Px), opacos e matriz vitrea. A rocha é levemente porfirítica, com fenocristais de Pl de até 1mm de diâmetro.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (Est. Visual)	%
Plagioclásio Sericitizado	65
Px	15
Opacos	10
Cavidades Diktitaxíticas	10

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Intensamente alterados a sericita, apresentam-se majoritariamente em ripas de 0,2mm sem direção de alinhamento. Raros fenocristais de até 1mm.

**Px**

Pequenos núcleos arredondados, com tamanhos variando de 0,03mm a 0,1mm, com cor de birrefringência média a alta.

**Opacos**

Formato ameboide, preenchendo os interstícios da rocha, tamanhos variam desde 0,02mm até 0,2mm.

**C. Diktitaxíticas**

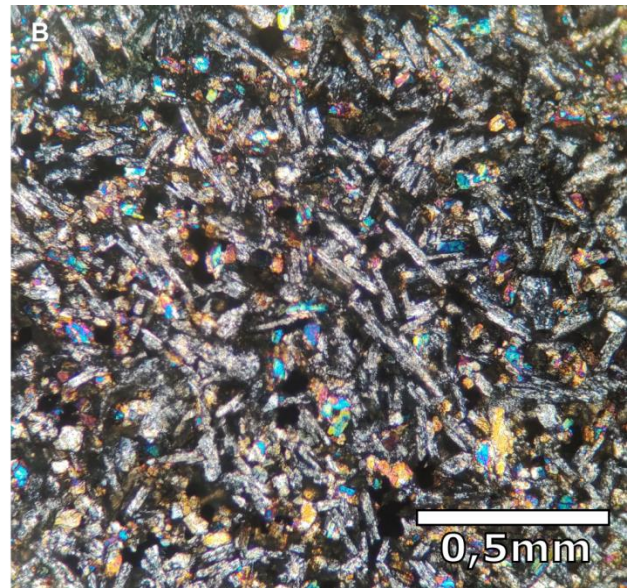
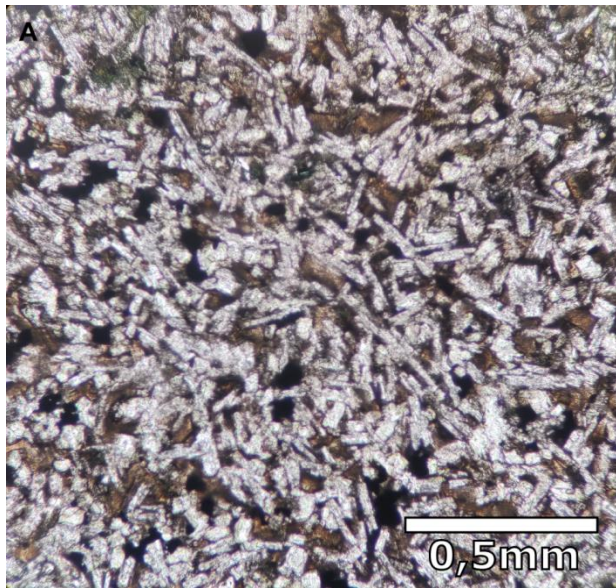
De coloração castanha escura em luz plano polarizada, formato ameboide, ocupando os interstícios entre os cristais da rocha. Com o cruzamento dos nicóis apresenta-se isotrópica com pequenos pontos cintilantes.

**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto

**7 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)****8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19	08/09/20	Paulo Benevides Filho

**9 - FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-11	2,89571	-60,7801	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Basalto Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x	x	

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto afanítico a fanerítico fino, a rocha encontra-se muito alterada o que afetou as propriedades óticas dos minerais dificultando sua identificação, é possível observar as ripas de plagioclásio envoltos numa matriz de minerais secundários fibrosos e opacos. A rocha apresenta vesículas com tamanhos variando entre 0,25mm e 1,25mm de diâmetro. As vesículas são preenchidas por uma mistura de celadonita e calcedônia(55%), por zeólitas(40%) ou sílica pura (5%).

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (Est. Visual)	%
Plagioclásio Sericitizado	30
Matriz fibrosa (Min. Secundários)	50
Vesículas	20

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS****Plagioclásio**

Intensamente alterados a sericita, apresentam-se majoritariamente em ripas de 0,2mm sem direção de alinhamento. Euedrica a subédrica. Alguns cristais com formato perfeito se apresentam.

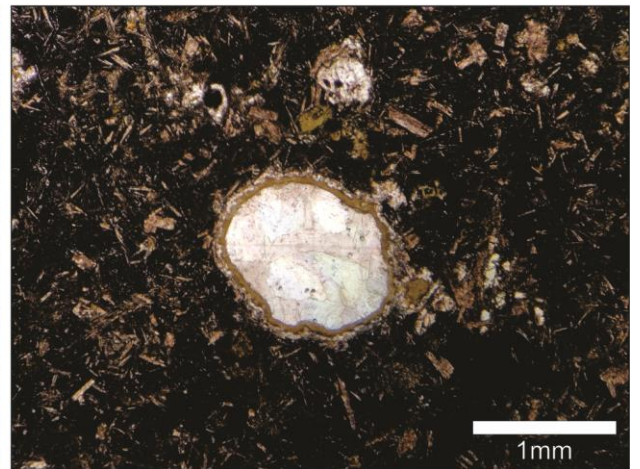
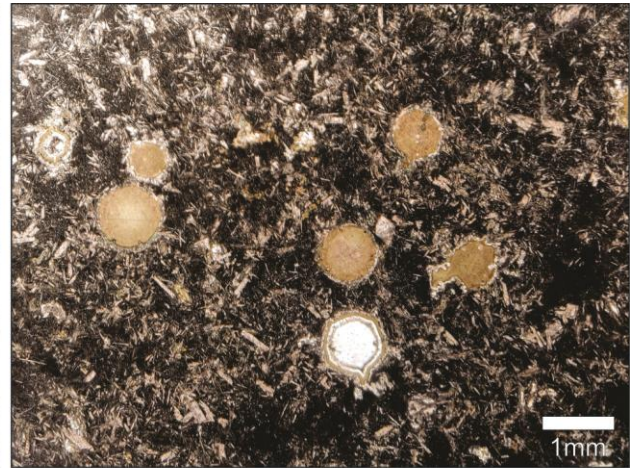
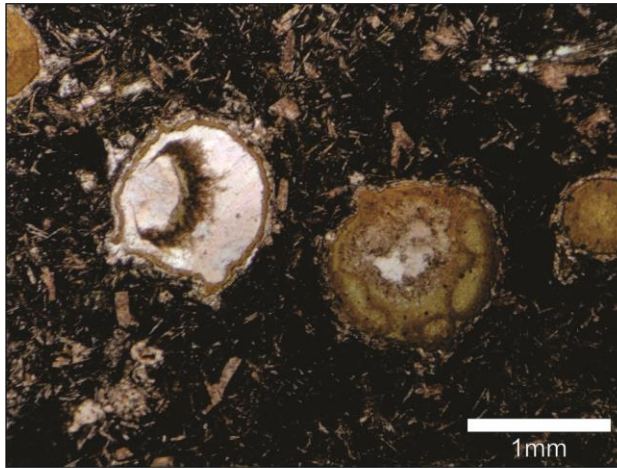
**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto Vesiculado

**7 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)****8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Data de Elaboração	Data da Última Revisão	Analista
31/10/19	09/09/20	Paulo Benevides Filho

9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)





**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-12A	2,94828	-60,7444	
Tipo Litológico		Nome da Unidade	
Brecha Vulcânica		Formação Apoteri	

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x	x	

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica vesiculada muito alterada com aspecto fragmentado coletada no topo de um dos morros que compõem a Fm Apoteri. Tanto as vesículas como os espaços entre os blocos encontram-se preenchidos com zeólitas.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	30
Massa de minerais secundários	40
Vesículas e espaços (zeolita)	30

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Muito alterado, apresenta-se em finas ripas de cerca de 0,2mm de comprimento, sem orientação.

**Zeolita**

Fibrorradiada ou prismática apresenta-se em grandes cristais de cerca de 0,5mm de diâmetro, preenchendo vesículas e outras cavidades em geral.

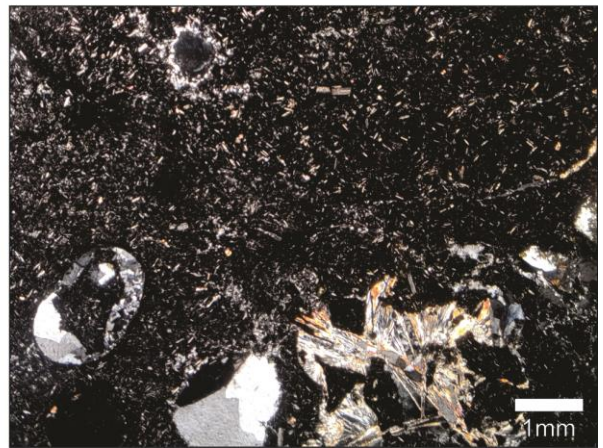
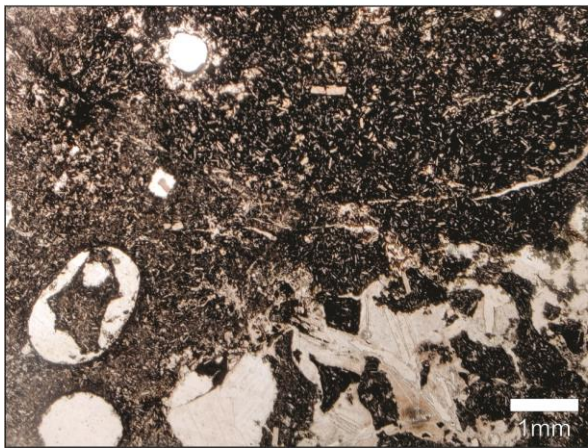
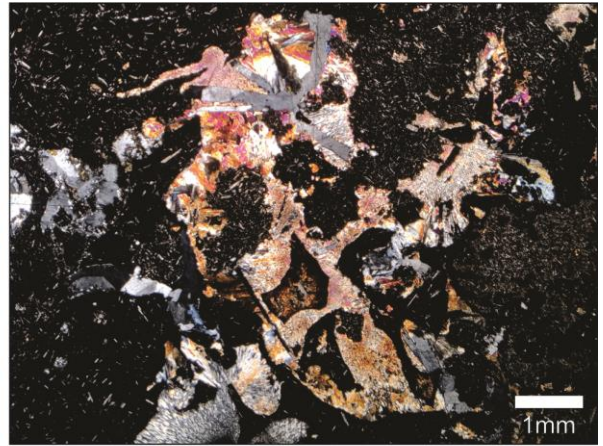
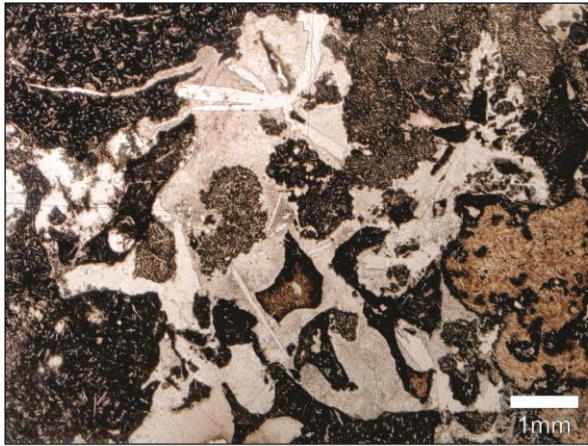
**6 - NOME DA ROCHA**

Brecha vulcânica Basáltica

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**
**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-12B	2,94872	-60,7448	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Basalto Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x	x	x	x	

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto afanítico a fanerítico fino com vesículas centimétricas esparsas, a rocha encontra-se muito alterada o que afetou as propriedades óticas dos minerais dificultando sua identificação, é possível observar as ripas de plagioclásio e pequenos cristais, de birrefringência média a alta (Px), envoltos numa massa de minerais de alteração e opacos. A rocha é levemente porfirítica, com fenocristais de Pl.

**4 – ANÁLISE MODAL**

MINERAIS (Est. Visual)	%
Plagioclásio	65
Px	15
Opacos e Min. de alteração	20

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Intensamente alterados a sericita, apresentam-se majoritariamente em ripas de 0,2mm sem direção de alinhamento. Raros fenocristais de até 1mm

**Px?**

Pequenos núcleos arredondados, cerca de 0,03mm, com cor de birrefringência média a alta, envoltos em uma massa de minerais secundários.

**Vesícula**

Cerca de 11mm de diâmetro formada majoritariamente por calcita em grandes cristais anédricos no centro, orlando os cristais de calcita temos cristais de zeolitas fibrorradiadas.

**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto Vesiculado

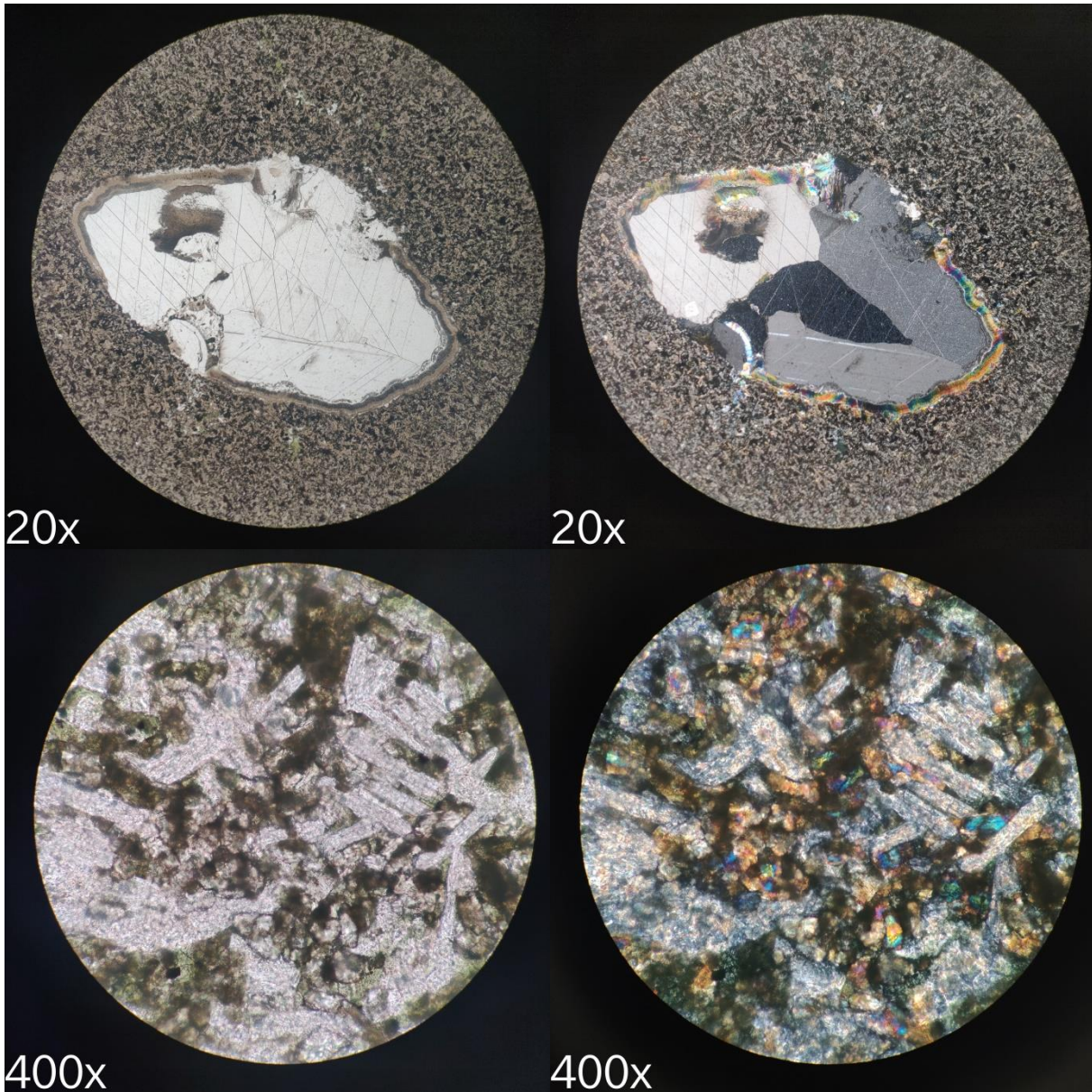
**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

--

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
31/10/19	09/09/20	Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-16A	3,19777	-60,1659	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto vesiculado	Formação Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		x

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica vesiculada muito alterada do topo do Morro Redondo, composto por litotipos da Fm. Apoteri. A rocha apresenta uma coloração verde acinzentada com vesículas milimétricas verde escuras e brancas. Ao microscópio é formada por plagioclásio, muito alterado a sericita, por uma massa de minerais secundários opacos, aparentemente vidro vulcânico e raros núcleos de piroxênios. A rocha apresenta também grande quantidade de vesículas, estas estão preenchidas por zeólitas, celadonita e calcedônia, calcedônia e calcita.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Matriz Opaca	35
Plagioclásio	25
Vidro Vulcânico	20
Vesículas	20
Piroxênio	>1

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,1mm muito alteradas a sericita, sem orientação. Ocasionalmente fenocristais de até 0,5mm de comprimento são observados

**Vidro**

Formato amebóide apresenta-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,2 e 0,1mm de diâmetro. De coloração castanha amarelada à luz plano-polarizada e isotrópico, com pequenos pontos cintilantes radiais com os polarizadores cruzados. O núcleo apresenta-se mais isotrópico que as bordas, provável efeito da devitrificação.

**Vesículas**

Seus tamanhos variam entre 1 e 3mm de diâmetro e seus preenchimentos também são muito variados, algumas das vesículas tem um duplo preenchimento. Muitas apresentam um halo de opala exterior e no

interior cristais maiores com aspecto similar a dentes ou pétalas (Calcita ou Qtz ou zeólitas?) algumas apresentam calcita microcristalina no meio completando o preenchimento. Outras apresentam-se preenchidas por grandes cristais de zeolita de até 0,8mm de comprimento. Há ainda algumas preenchidas por um mineral verde fibrorradiado com cores de interferência forte, alguma mica verde do grupo da celadonita talvez? Muitas dessas vesículas apresentam também opacos ou a combinação de 2 ou mais tipos de preenchimentos descritos anteriormente. Por fim há raras vesículas preenchidas apenas com opala.

### Piroxênio

Raros núcleos de cristais de formato granular e tamanho 0,02mm são observáveis.

### 6 - NOME DA ROCHA

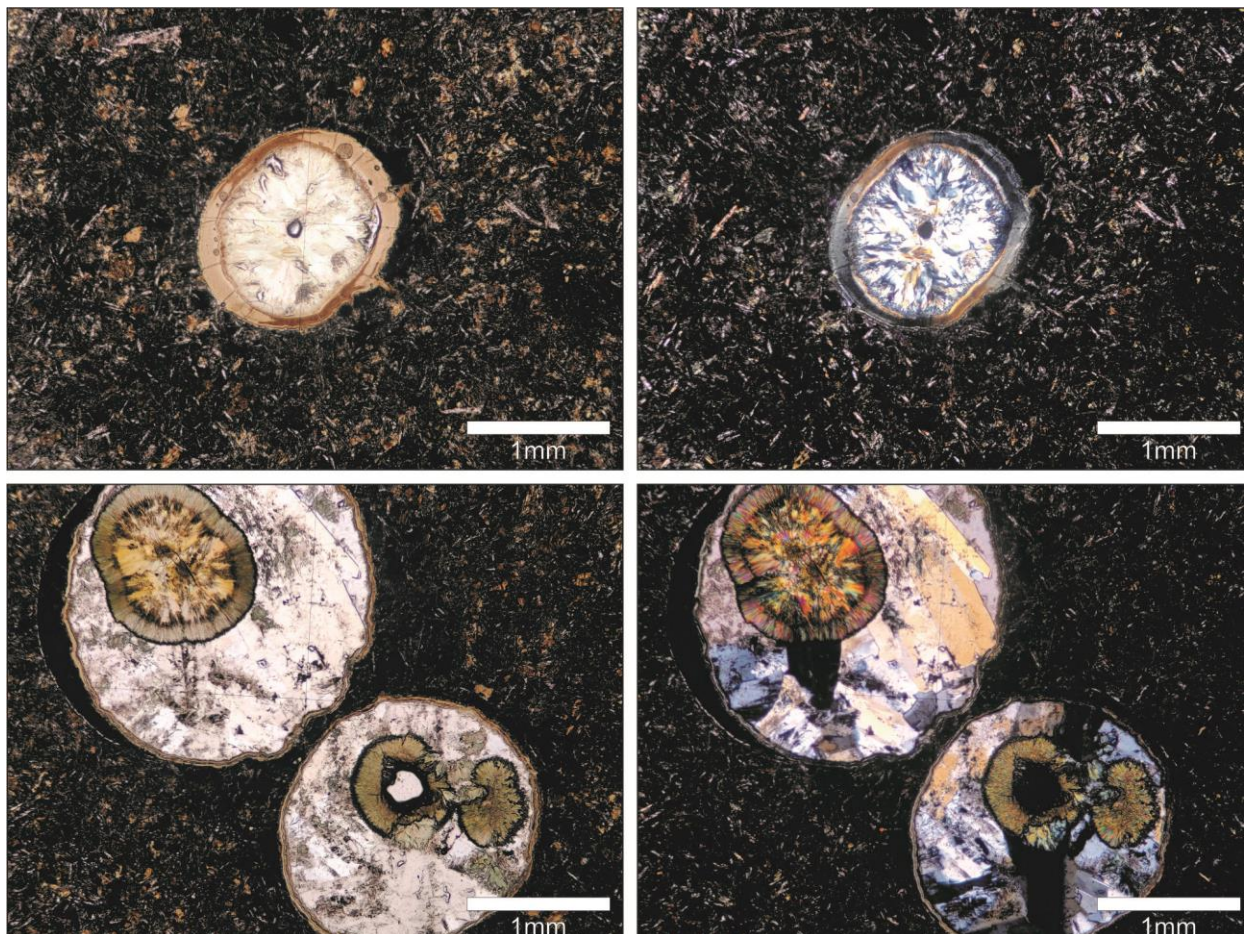
Basalto vesiculado

### 7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)

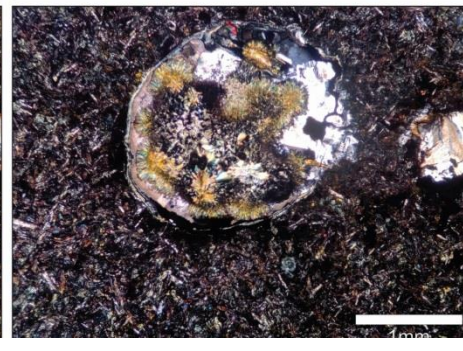
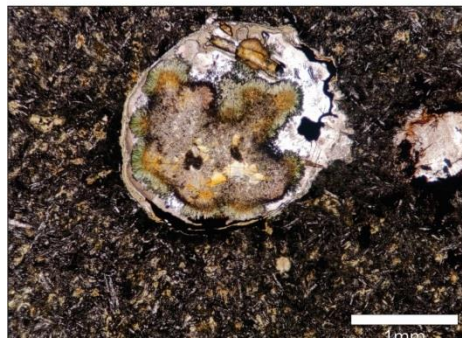
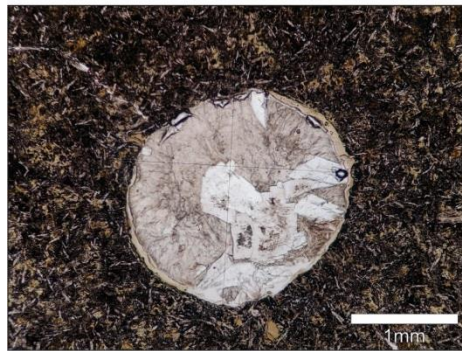
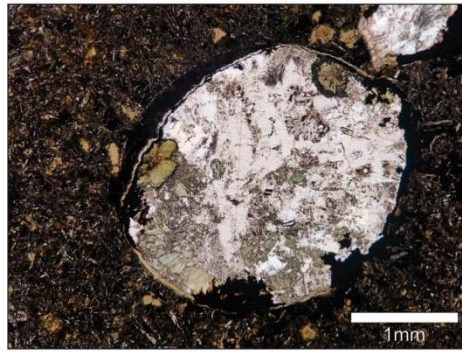
### 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

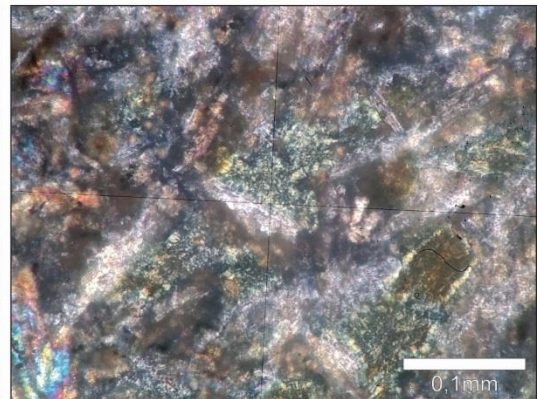
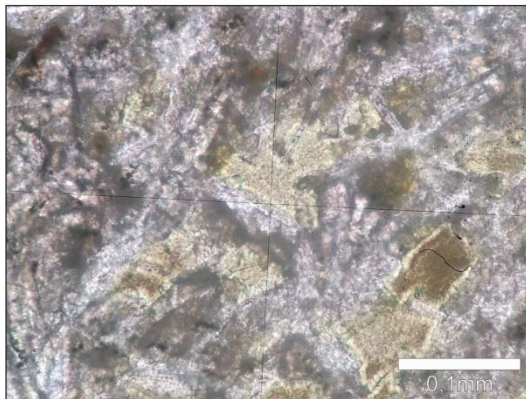
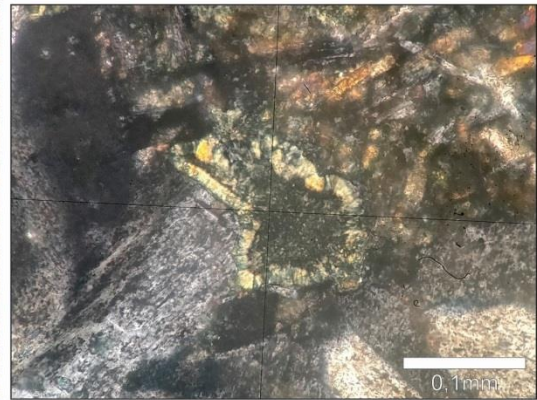
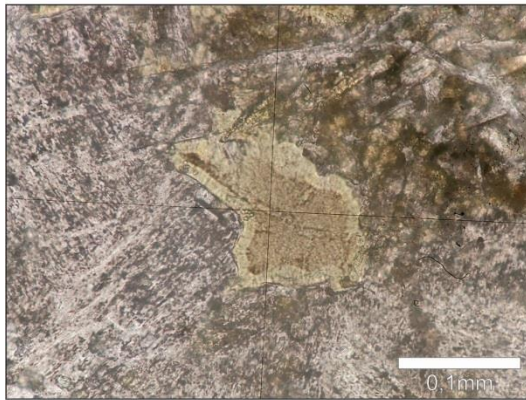
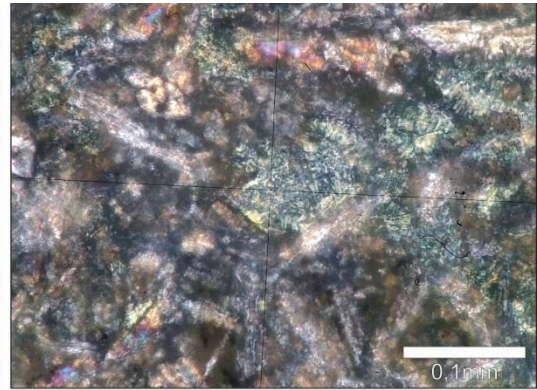
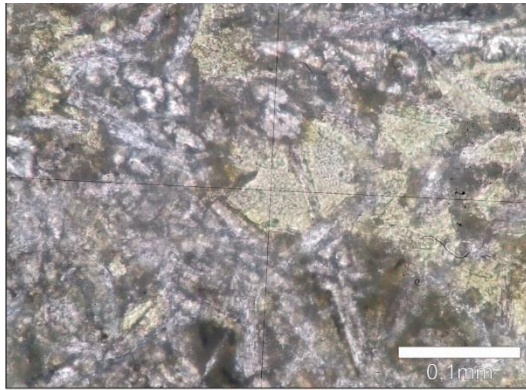
### 9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)



**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**





**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-16B	3,19904	-60,166

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Formação Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD LP AQM DRX MEV

x		x		
---	--	---	--	--

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica maciça muito alterada do Morro Redondo, composto por litotipos da Fm. Apoteri. A rocha apresenta uma coloração verde escura. Ao microscópio é formada por plagioclásio, muito alterado a sericita, por piroxênio, opacos e aparentemente vidro vulcânico.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	50
Piroxênio	30
Opacos	10
Vidro Vulcânico	10

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,25mm muito alteradas a sericita, sem orientação.

**Piroxênio**

Cristais prismáticos subédricos a anédricos com grande variação de tamanho, desde 0,02mm até 0,5mm

**Opacos**

Formato ameboide, apresentam-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,2 e 0,5mm de diâmetro.

**Vidro**

Formato ameboide, apresentam-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,2 e 0,3mm de diâmetro. De coloração verde claro à luz plano-polarizada e isotrópico com pequenos pontos cintilantes radiais com os polarizadores cruzados.

**6 - NOME DA ROCHA**

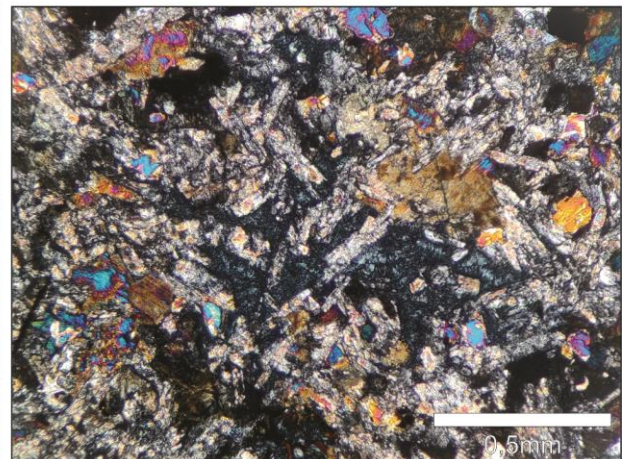
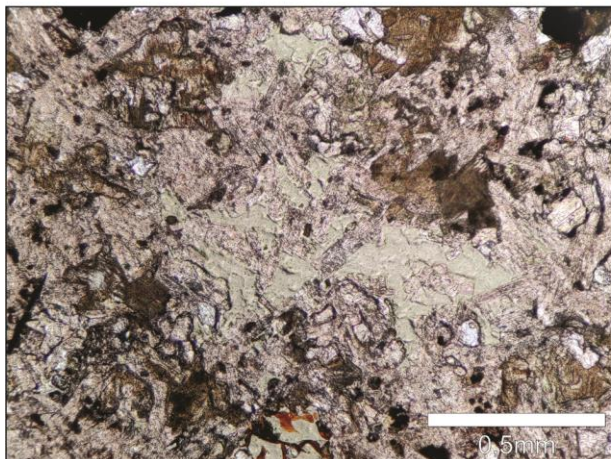
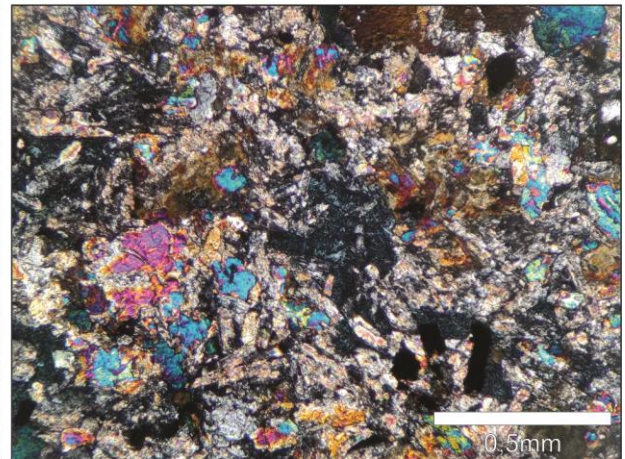
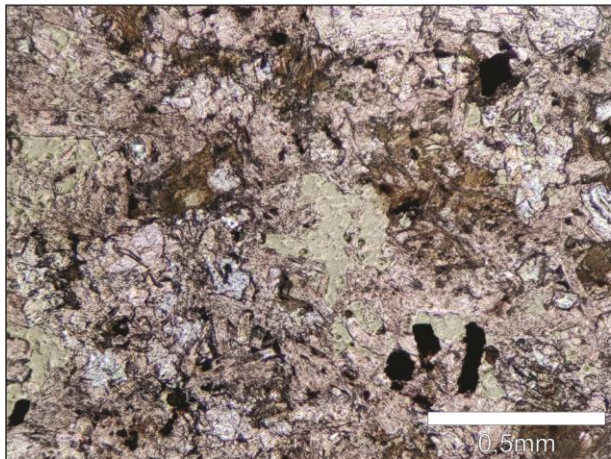
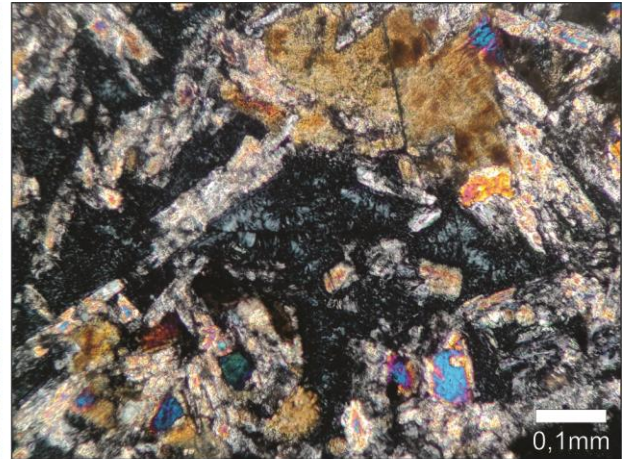
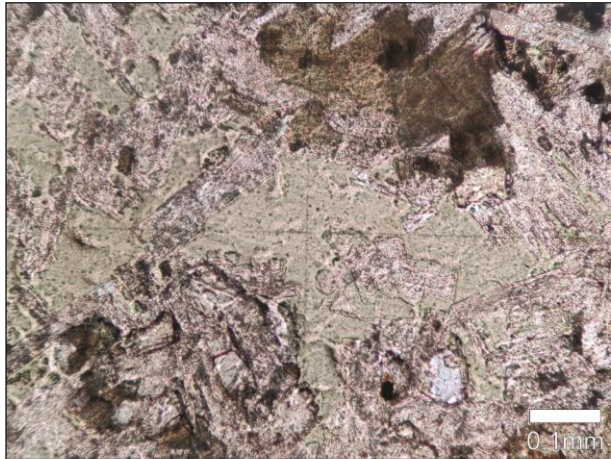
Basalto

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-16C	3,19978	-60,1663

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto vesiculado	Formação Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica vesiculada muito alterada do Morro Redondo, composto por litotipos da Fm. Apoteri. A rocha apresenta uma coloração roxa e é rica em vesículas de cerca de 0,5mm de diâmetro. As vesículas apresentam-se preenchidas por cristais bem formados de zeólitas e calcita além de sericita ocasionalmente.

**4- ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Matriz escura aterada	50
Plagioclásio	30
Vesículas (Zeolita, Argilominerais e Calcita)	20

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,1mm podendo ocasionalmente atingir 0,3mm, sem orientação.

**Zeolita**

Apresenta-se em cristais prismáticos de baixa cor de interferência que crescem nas paredes das vesículas em direção ao centro. O tamanho varia entre 0,1mm e 0,6mm de comprimento dos prismas

**Calcita**

Cristais grandes, anedricos, preenchendo o centro das vesículas, ocupando o espaço deixado, com até 1,25mm de diâmetro.

**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto vesiculado

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

--

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

--

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-16D	3,20031	-60,1667

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Formação Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x	x	x

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica maciça do Morro Redondo, composto por litotipos da Fm. Apoteri. A rocha apresenta uma coloração verde escura. Ao microscópio é formada por plagioclásio, por piroxênio, cav. diktitaxíticas e opacos.

**4- ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	50
Piroxênio	30
Vidro Vulcânico	15
Opacos	5

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,125 a 0,25mm, sem orientação.

**Piroxênio**

Cristais prismáticos subédricos a anédricos com grande variação de tamanho, desde 0,02mm até 0,8mm

**Opacos**

Formato amebóide, apresentam-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,05 e 0,1mm de diâmetro.

**C. Diktitaxíticas**

Formato amebóide, apresentam-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,2 e 0,3mm de diâmetro. De coloração verde claro à luz plano-polarizada e isotrópico com pequenos pontos cintilantes radiais com os polarizadores cruzados.

**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)****8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-24	1,74732	-60,5044

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Granulito	Barauana

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD LP AQM DRX MEV

x		x		
---	--	---	--	--

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha melanocrática, fanerítica fina, provável melanossoma de processo metamórfico pretérito. No afloramento é notável a presença de esparsas e centimétricas bandas de composição leucocrática na proporção de 15 a 20% do afloramento. Rocha bandada formada por Plagioclásio, Biotita, Piroxênio, K-feldspato e Quartzo. Devido ao estado de conservação muito bom e a granulometria pequena é muito difícil separar os feldspatos e o quartzo.

**4- ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Pl+Kfs+Qtz	60
Piroxênio	22
Biotita	18

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS****Pl+Kfs+Qtz**

Cristais prismáticos, euédricos a subédricos, apresentando geminação polissintética, tartan, carlsbad ou limpos com tamanhos variando entre 0,2mm a 0,4mm.

**Piroxênio**

Cristais pequenos, arredondados, anédricos com forte pleocroísmo por vezes variando do rosa claro ao verde claro, fortes cores de birrefringência e tamanhos variando entre 0,1 e 0,3mm

**Biotita**

Prismas alongados de coloração castanha, cor de birrefringência anômala e tamanhos variando desde 0,05mm até 0,8mm

**6 - NOME DA ROCHA**

Biotita Granulito

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

--

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
09/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

--



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude
PB-26	2,904750109	-60,77370071

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto	Formação Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Rocha basáltica maciça muito alterada em lajedo na margem esquerda do Rio Cauamé, composto por litotipo da Fm. Apoteri. A rocha apresenta uma coloração verde escura. Ao microscópio é formada por plagioclásio, muito alterado a sericita, por piroxênio e opacos.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	60
Opacos	30
Piroxênio	10

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS****Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,25mm muito alteradas a sericita, sem orientação. Fenocristais ocasionalmente atingem até 1mm

**Piroxênio**

Cristais prismáticos subédricos a anédricos com grande variação de tamanho, desde 0,02mm até 0,8mm

**Opacos**

Formato amebóide, apresentam-se preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos em torno de 0,2 e 0,5mm de diâmetro.

**6 - NOME DA ROCHA**

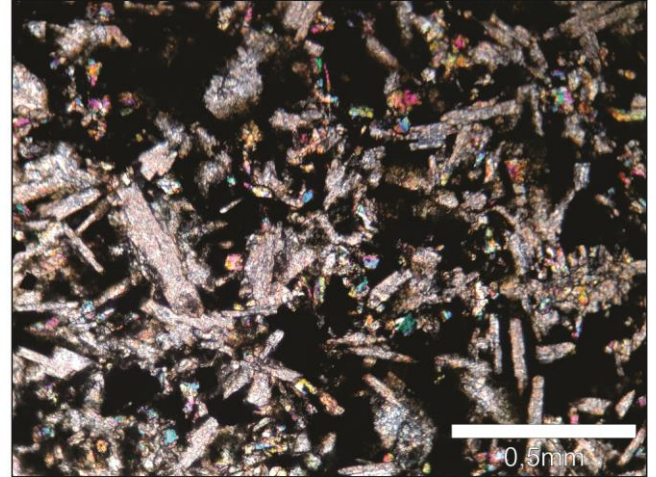
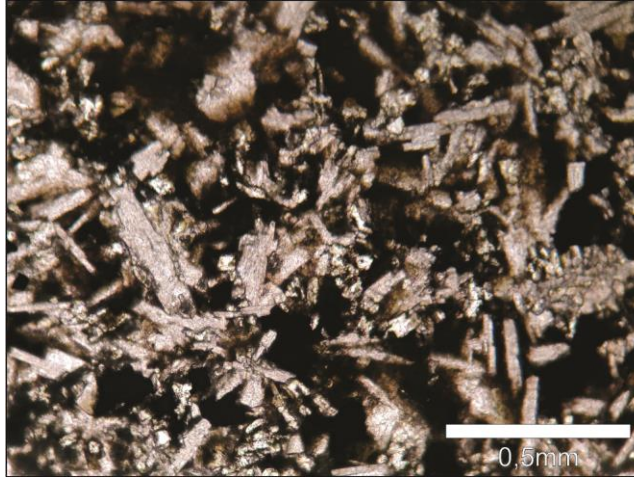
Basalto

**7 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i> 09/09/20	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i> Paulo Benevides Filho
---------------------------------------	-------------------------------	--

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-27A	2,920380116	-60,75519943	

Tipo Litológico	Nome da Unidade
Basalto Vesiculado	Apoteri

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD LP AQM DRX MEV

x		x		
---	--	---	--	--

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto Vesiculado coletado no topo de um dos morros compostos pelos basaltos da Fm. Apoteri. A rocha possui uma cor verde acinzentada e vesículas milimétricas são 10-15% de sua composição. Ao microscópio é possível identificar que a matriz fanerítica fina é composta de plagioclásio, piroxênio, opacos, micas secundárias verde-alaranjadas (celadonita) e cavidades diktitaxíticas. As vesículas por sua vez tem suas paredes recobertas com uma camada dessa mesma mica secundária (celadonita?) e no meio grandes cristais de zeólitas fibrorradiadas em sua maioria.

**4- ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	40
Matriz opaca	20
Piroxênio	20
Vesículas	10
Celadonita na matriz	7
C. Diktitaxíticas	3

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,25mm parcialmente alteradas a sericita, sem orientação. Raros fenocristais atingem até 0,5mm de comprimento.

**Piroxênio**

Cristais prismáticos subédricos a anédricos com grande variação de tamanho, desde 0,02mm até 0,25mm

**Vesículas**

A principal variação de preenchimento se dá entre a proporção entre zeólitas e celadonita, alguns cristais opacos aparecem também por vezes fazendo parte do preenchimento.

**Celadonita**

Coloração laranja esverdeada e aspecto botroidal fibrorradiado.

**6 - NOME DA ROCHA**

Basalto Vesiculado

**7 - OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)****8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

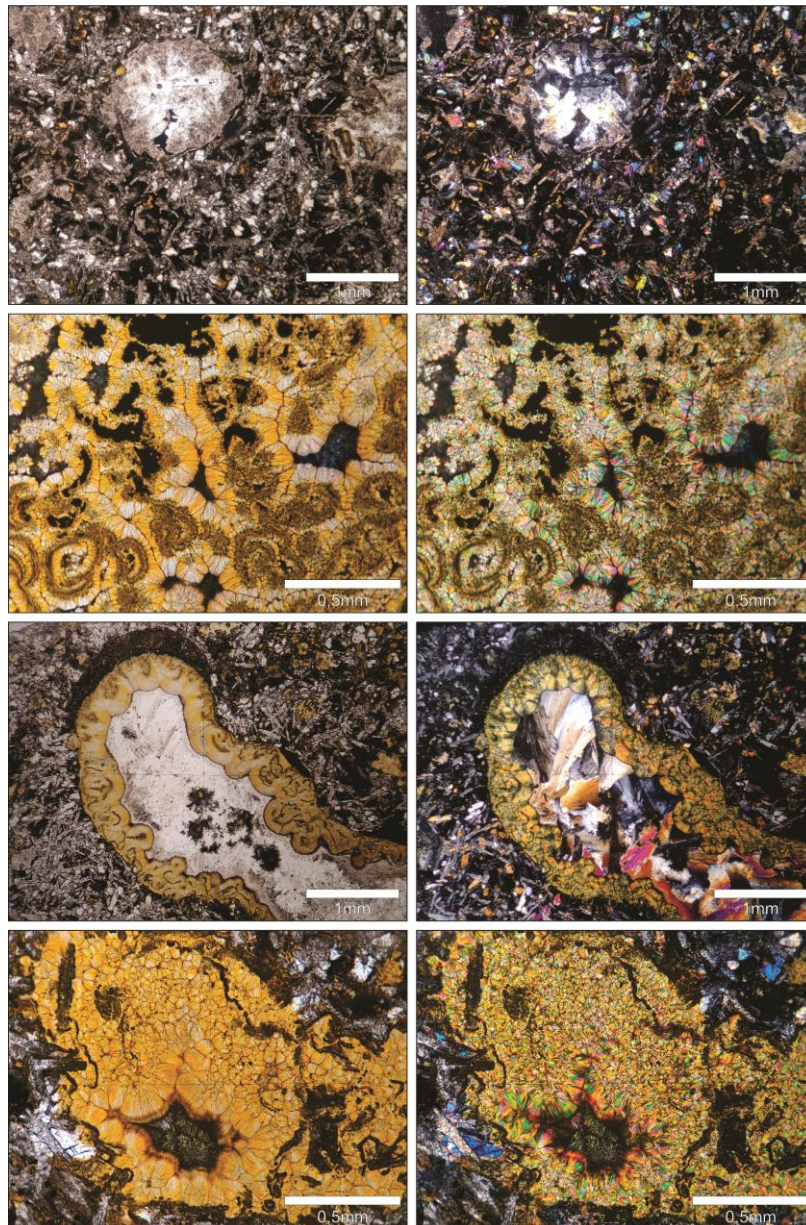
*Data de Elaboração*

09/09/20

*Data da Última Revisão*

*Analista*

Paulo Benevides Filho

**9 - FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**

**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-27B	2,919739962	-60,7554	
Tipo Litológico		Nome da Unidade	
Basalto Vesiculado		Apoteri	

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto Vesiculado coletado em um dos morros compostos pelos basaltos da Fm. Apoteri. A rocha possui uma cor verde acinzentada e vesículas milimétricas são 15% de sua composição. Ao microscópio é possível identificar que a matriz fanerítica fina é composta de plagioclásio muito alterado a sericita, piroxênio, opacos. As vesículas por sua vez tem suas paredes recobertas com uma camada de opala e no meio cristais mais bem desenvolvidos do que parece ser calcedônia predominantemente e subordinadamente algumas tem um preenchimento por zeólitas fibrorradiadas.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	45
Matriz opaca	20
Piroxênio	20
Vesículas	15

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,25mm parcialmente alteradas a sericita, sem orientação. Raros fenocristais atingem até 0,75mm de comprimento.

**Piroxênio**

Cristais arredondados subédricos a anédricos com tamanhos variando desde 0,02mm até 0,05mm

**Vesículas**

Majoritariamente preenchidas por uma franja de opala e calcedônia no núcleo. Algumas poucas vesículas estão preenchidas por minerais fibrorradiados, provavelmente zeolita.

**6 - NOME DA ROCHA**

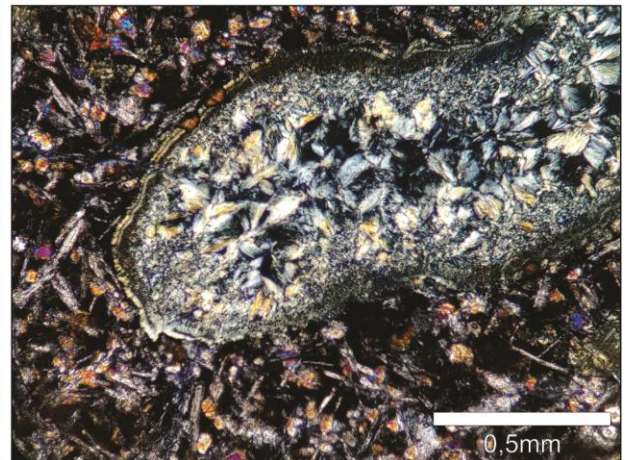
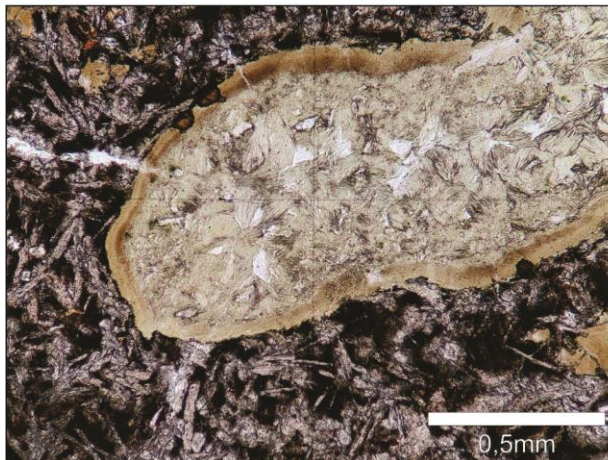
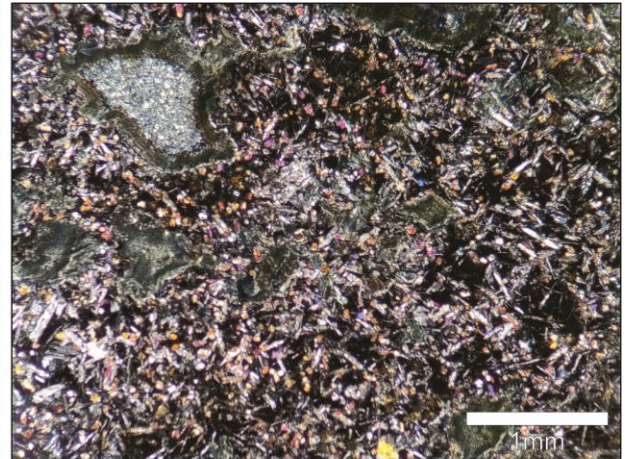
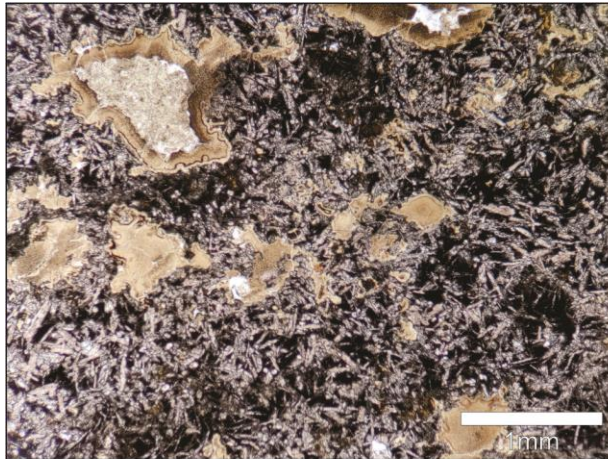
Basalto Vesiculado

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
10/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**



**1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO**

Nº de Campo	Latitude	Longitude	
PB-27C	2,919990063	-60,75590134	
Tipo Litológico		Nome da Unidade	
Basalto		Apoteri	

**2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA**

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

LD	LP	AQM	DRX	MEV
x		x		

LD= Lamina Delgada, LP= Lâmina Polida, AQM= Análise Química, DRX= Difractometria de raios-X, MEV= Microscópio Eletrônico de Varredura.

**3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS**

Basalto coletado em um dos morros compostos pelos basaltos da Fm. Apoteri. A rocha possui uma cor cinza escura esverdeada. Ao microscópio é possível identificar que a matriz fanerítica fina é composta de plagioclásio, piroxênio, opacos e cavidades diktitaxíticas de coloração verde.

**4 - ANÁLISE MODAL**

MINERAIS	%
Plagioclásio	50
Piroxênio	25
C. Diktitaxíticas	15
Opacos	10

**5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS**
**Plagioclásio**

Apresenta-se em pequenas ripas de cerca de 0,25mm parcialmente alteradas a sericita, sem orientação. Um fenocristal de formato arredondado foi observado, seu diâmetro no eixo maior é de 1,73mm.

**Piroxênio**

Cristais arredondados subédricos a anédricos com tamanhos variando desde 0,02mm até 0,25mm. Um fenocristal subédrico de clinopiroxênio de 1,5mm foi observado na rocha

**C. Diktitaxíticas**

Cristais de coloração verde clara a luz plano polarizada, formato ameboide, preenchendo os interstícios da rocha com tamanhos variando entre 0,13 e 0,25mm, com o cruzamento dos nicois é possível observar alguns cristais maiores de baixa birrefringência no contato com as paredes do fragmento e no meio um comportamento tendendo a isotrópico.

**6 - NOME DA ROCHA**

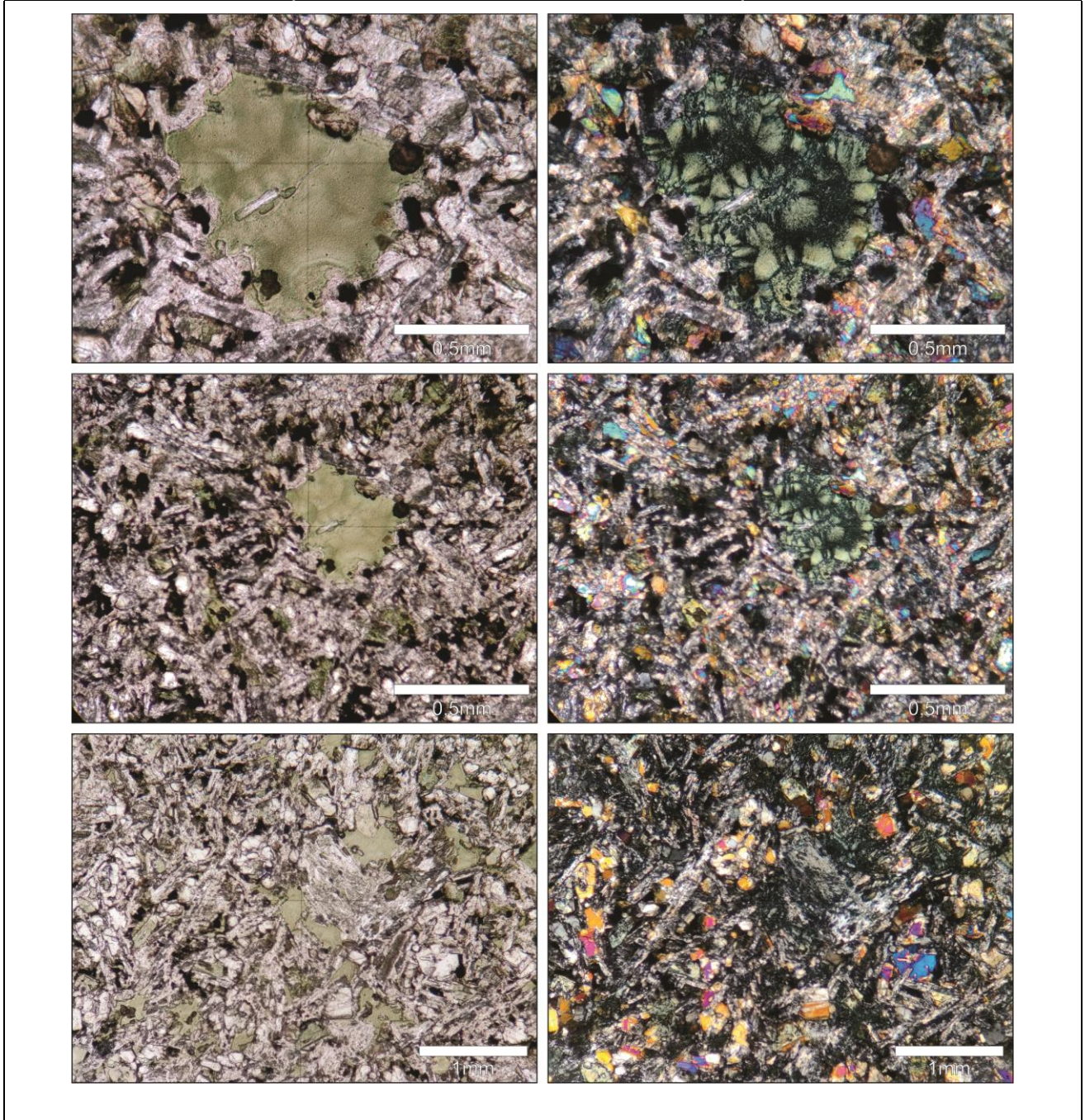
Basalto

**7 – OBSERVAÇÕES ADICIONAIS (Ordem de Cristalização, Fácies metamórfica, etc.)**

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

<i>Data de Elaboração</i>	<i>Data da Última Revisão</i>	<i>Analista</i>
10/09/20		Paulo Benevides Filho

**9 – FOTOMICROGRAFIAS (COLOCAR ESCALA, LP OU NC, LEGENDA)**





## **ANEXO I C - LAUDO DA ANÁLISE POR DRX**

---

Laudos com as análises mineralógicas por difratometria de raios X realizadas pelo Laboratório LAMIM-MA da Superintendência de Manaus do Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. Essas análises geraram difratogramas com picos de intensidade que evidenciam as fases minerais identificadas.



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

## LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS – LAMIN

### Relatório de caracterização Mineral por Difractometria de Raios-X (DRX)

**Solicitante:** Paulo Benevides (CPRM-MA)

**Projeto:** -

**Centro de custo:** -

**Solicitação:** -

**Número de amostras:** 10

**Data do recebimento:** 04/10/2019

**Data do envio:** 05/04/2021 - Revisão 1.0

**Responsável Técnico:**  
**Nilda Gorethe Palma Pantoja**  
**CRQ 14100875**

**Analista:**

Bruno Del Rio Calvo  
CREA PR-134320/D

**Pesquisador(es):**

Paulo Roberto Rodrigues Benevides

## Método – DRX

As análises foram realizadas em Difratorômetro de raios-x modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios-x cerâmico de anodo de Cu ( $K\alpha_1$  1,5406 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, Pixel/1D.

A aquisição de dados foi feita com o software *X'Pert Data Collector*, versão 2.1a, e o tratamento dos dados com o software *X'Pert HighScore*, versão 3.0d, ambos da PANalytical.

Foram utilizadas as seguintes condições de análise: Voltage (kV): 40; Current (mA): 40; Scan range ( $^{\circ}$   $2\theta$ ): 5-70 (MA) e 5-50 (RJ); Step size ( $^{\circ}$   $2\theta$ ): 0,02; Scan mode: Continuous; Counting time (s): 50; Divergence slit: Slit Fixed  $1/2^{\circ}$ ; Mask Fixed 10 mm; Anti-scatter slit Name: 5,7mm;

A identificação dos minerais é feita pela comparação do difratograma obtido com padrões (fichas) do banco de dados do ICDD-PDF (*International Center for Diffraction Data – Powder Diffraction File*). As fichas são específicas por mineral (por ex., quartzo, 00-046-1045), porém, para um mesmo mineral há diversas fichas similares no ICDD-PDF.

## Informações Gerais

Para cada amostra será apresentado um difratograma e, na parte inferior, seus principais minerais identificados.

Os minerais estarão designados em provável ordem decrescente de concentração, de acordo com a predominância na amostra de seus picos individuais (representados por barras coloridas sobrepostas ao difratograma).

**Minerais de um mesmo grupo possuem estruturas cristalinas semelhantes, necessitando-se de análises complementares para a sua diferenciação.**

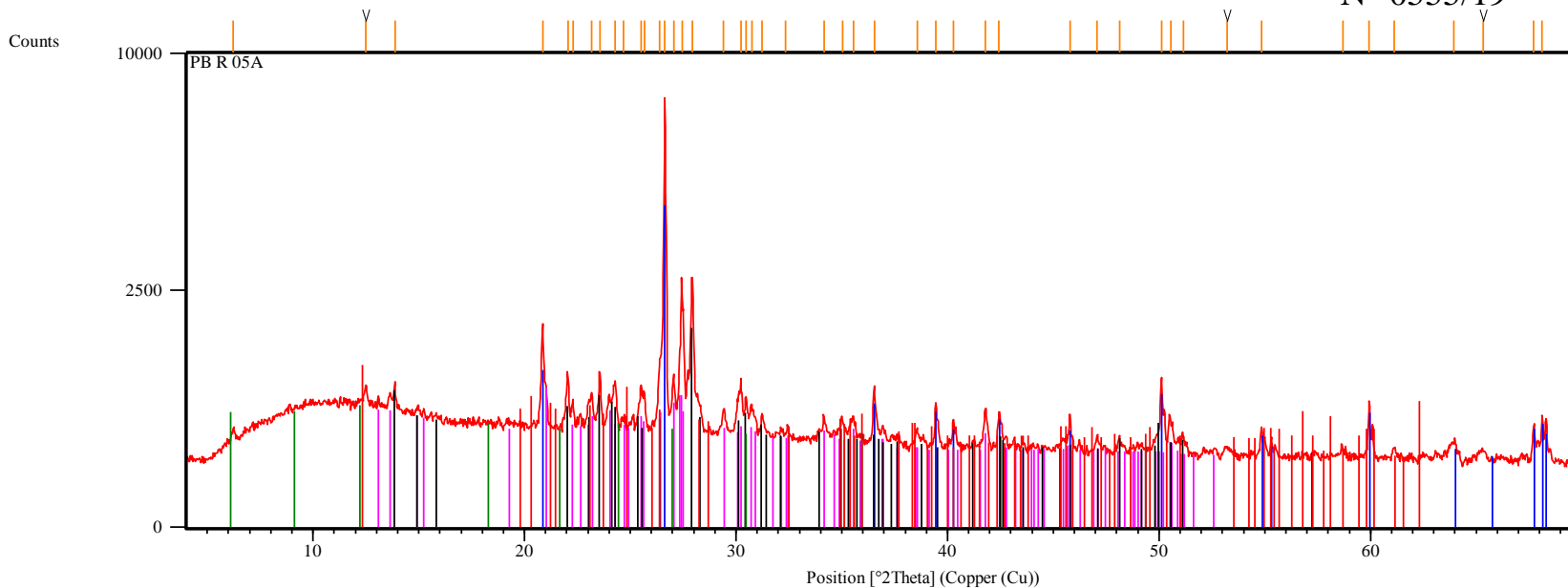


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

# LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS – LAMIN

## PB-R-05A

N° 0555/19



Phase Name	Reference ID
Quartz, syn;	00-046-1045
Microcline, ordered;	00-019-0926
Albite, ordered;	00-009-0466
Kaolinite-1(TTA)RG;	00-014-0164
Montmorillonite-chlorite;	00-007-0027

A amostra PB-R-05A contém predominantemente Quartzo, Feldspato Potássico e Plagioclásio. Frações pequenas de Caulinita e Esmectita.

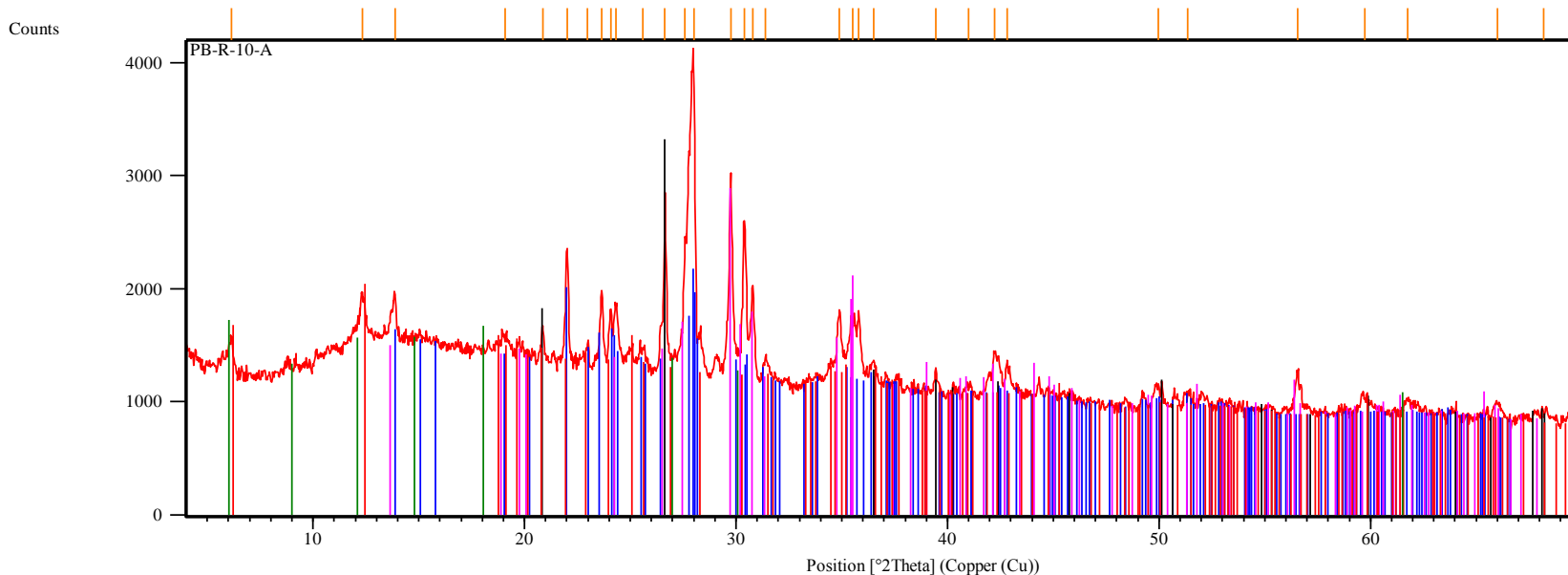


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

# LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS – LAMIN

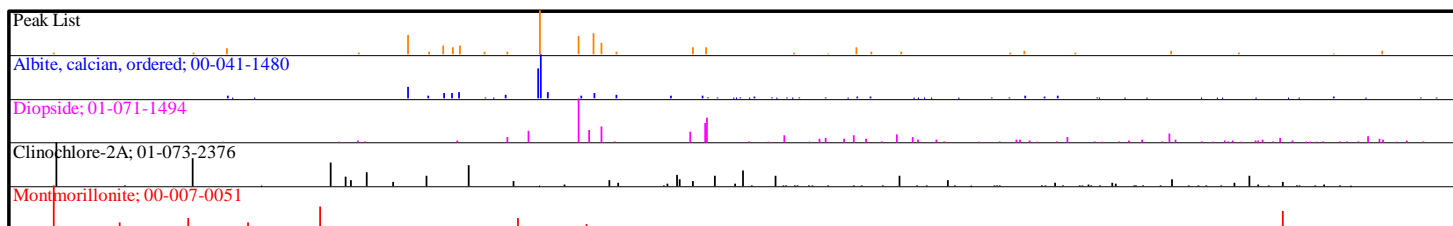
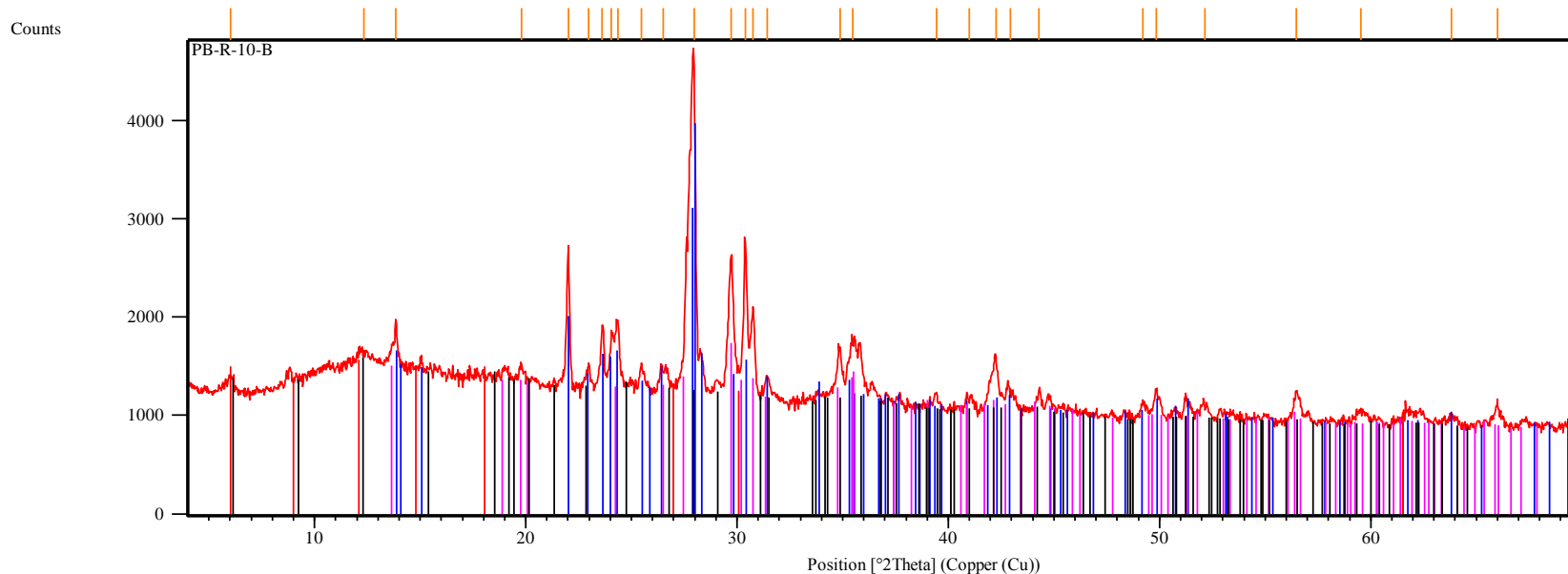
## PB-R-10A

Nº 1328/19

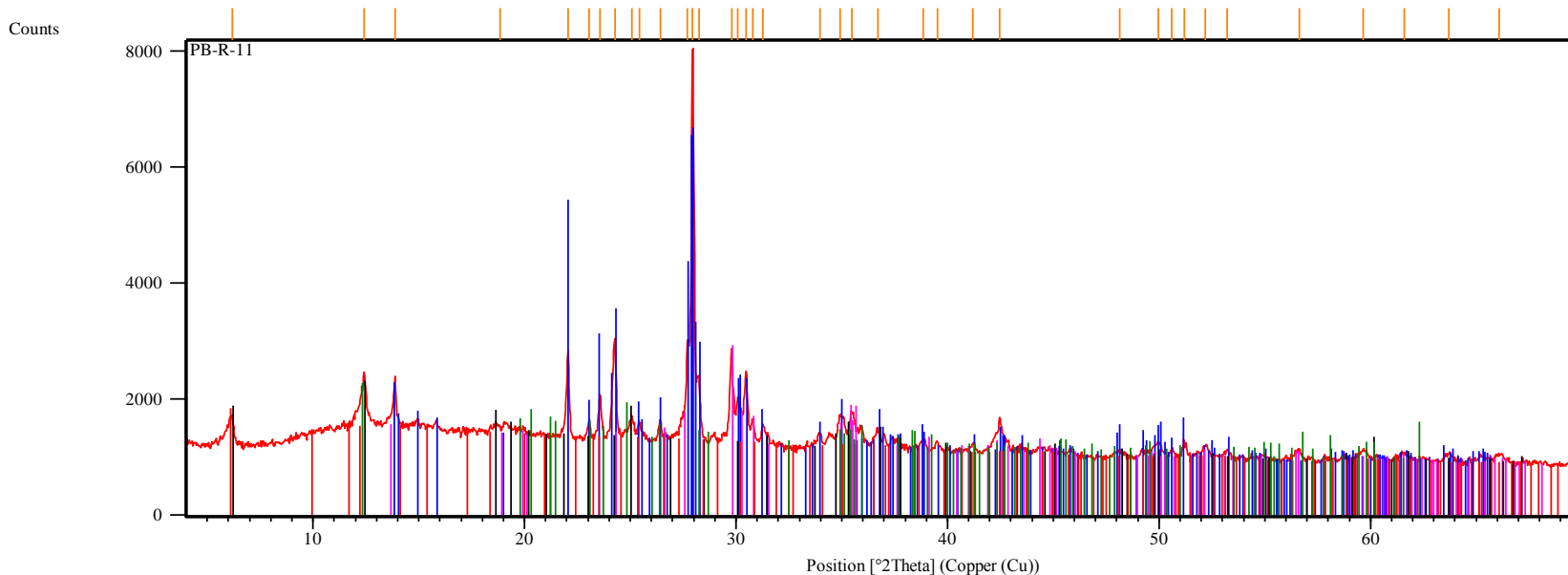


Peak List
Albite (heat-treated); 01-089-6429
Diopside; 01-071-1494
Quartz low, syn; 01-078-1252
Clinocllore; 01-079-1270
Montmorillonite; 00-007-0051

A amostra PB-R-10A contém predominantemente Plagioclásio, Piroxênio e Quartzo. Frações pequenas de Clorita/Esmectita.

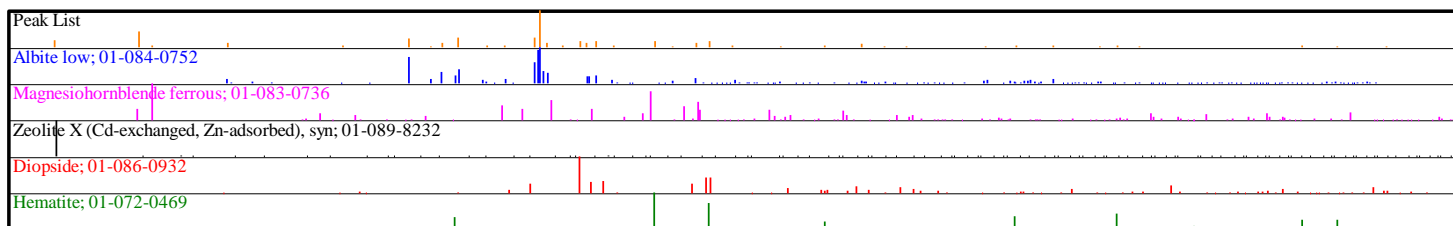
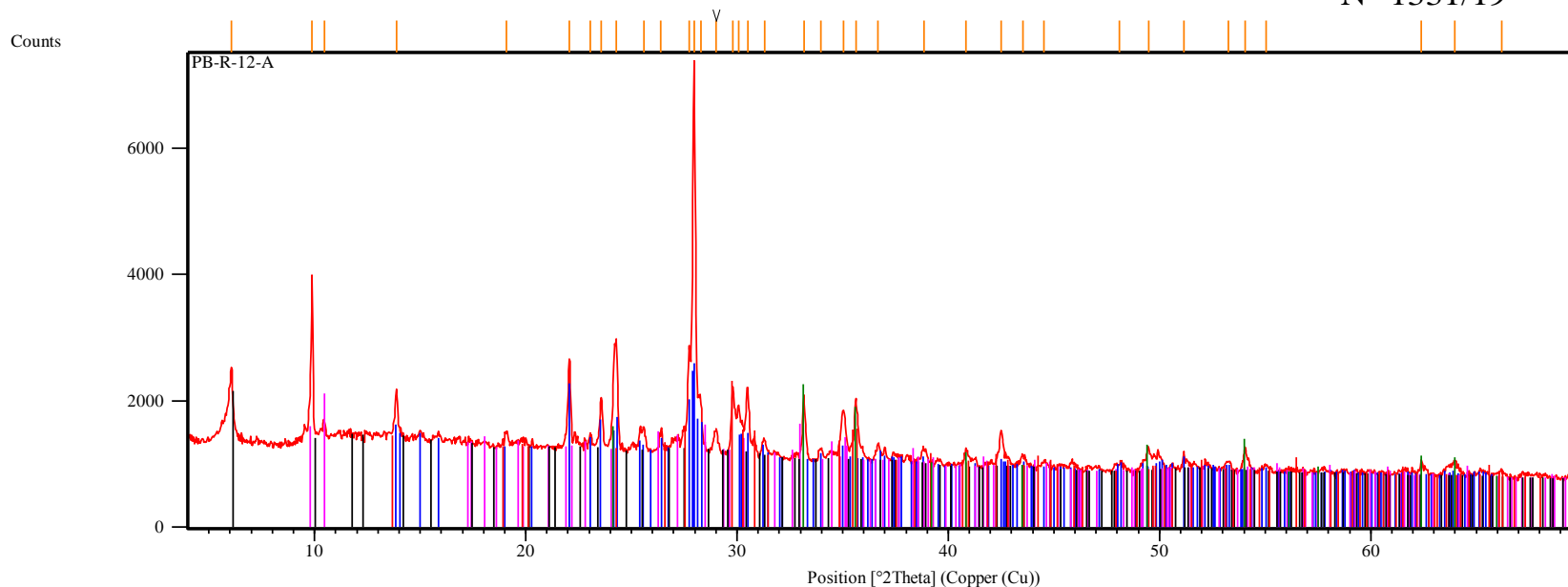


A amostra PB-R-10B contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Piroxênio. Frações pequenas de Clorita/Esmectita.



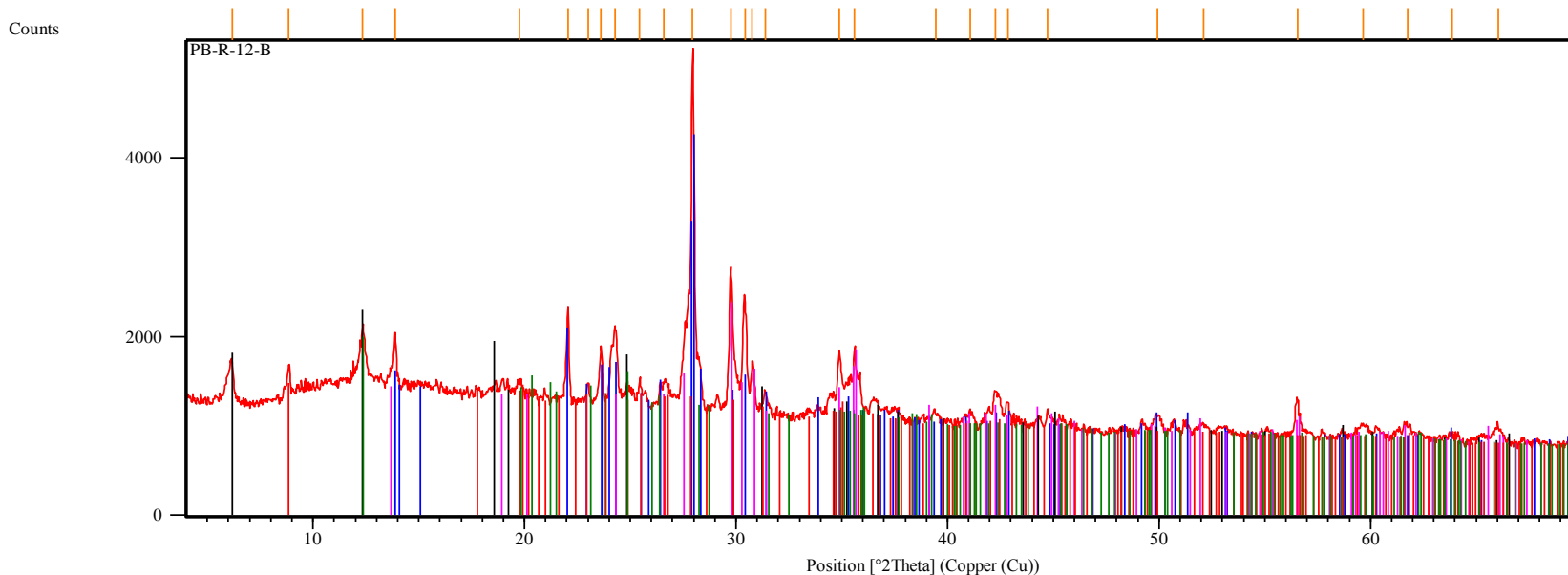
Peak List
Albite low; 01-076-1819
Diopside; 01-081-0487
Clinochlore-1\ITM\RG#\#1\IT#b\RG; 00-046-1322
Zeolite X (dehydrated), syn; 01-089-8235
Kaolinite-1\ITA\RG; 00-014-0164

A amostra PB-R-11 contém predominantemente Plagioclásio. Frações pequenas de Piroxênio e Clorita/Vermiculita/Zeólita. Possíveis frações pequenas de Caulinita.



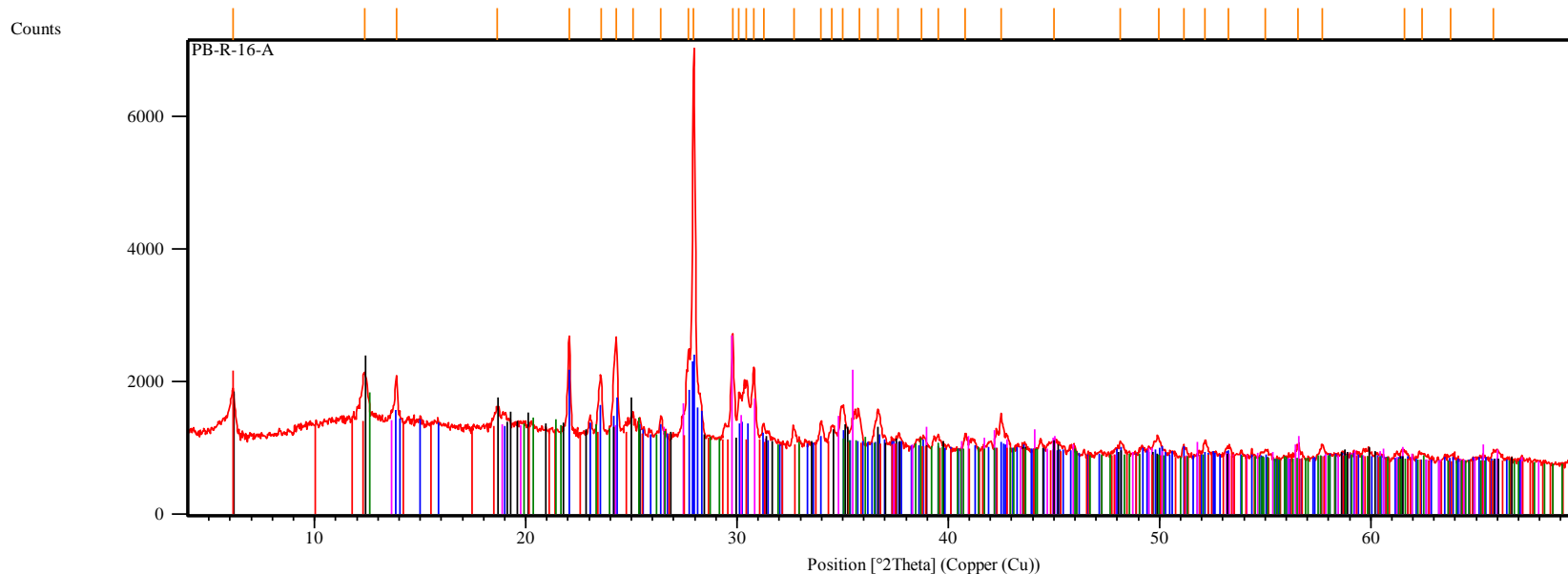
A amostra PB-R-12A contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Anfibólio. Frações pequenas de Zeólita/Vermiculita/ Esmectita, Piroxênio e Hematita.





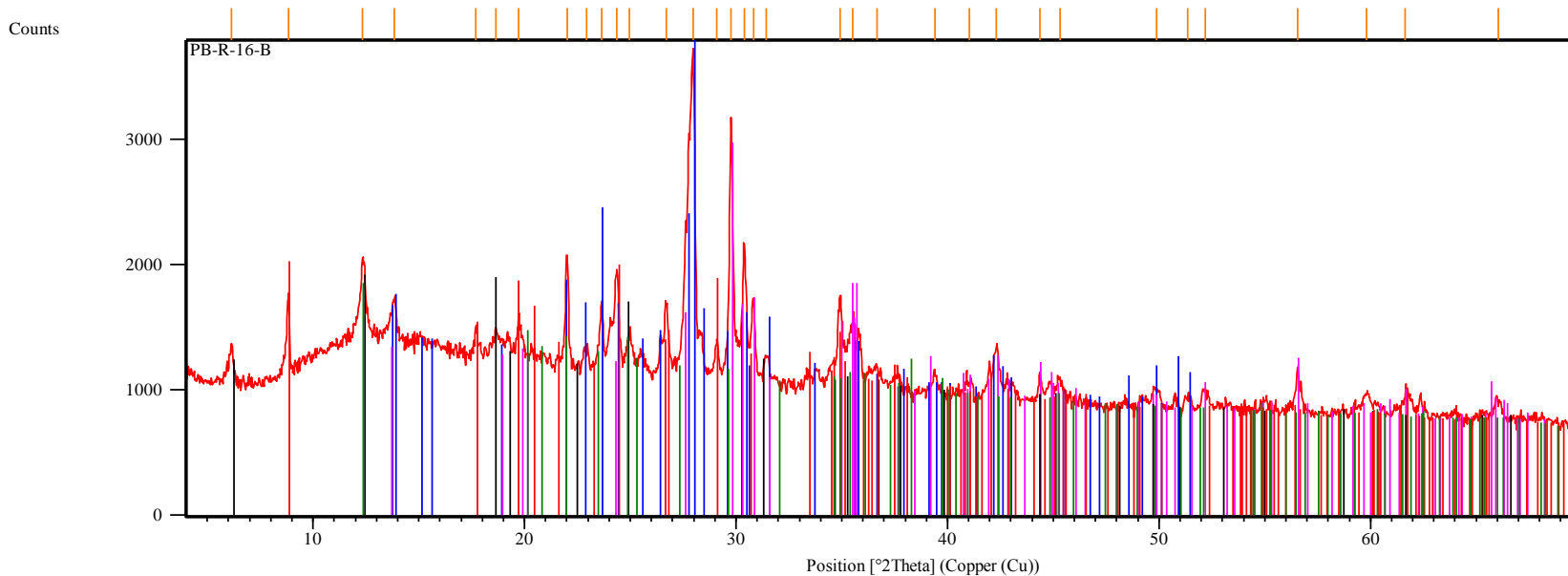
Peak List
Albite, calcian, ordered; 00-041-1480
Diopside strontian, syn; 01-080-0387
Clinocllore-1\ITM#\#\#\#RG; 00-029-0853
Muscovite 2\ITM\RG#1; 01-080-0742
Kaolinite 1\ITA\RG; 01-080-0885

A amostra PB-R-12B contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Piroxênio. Frações pequenas de Clorita/Vermiculita/Esmectita/Zeólita e Muscovita/Sericita. Possíveis frações pequenas de Caulinita.



Phase Name	Reference ID
Albite low;	01-080-1094
Diopside strontian, syn;	01-080-0388
Clinocllore-1\ITM\RG##\IT#b\RG;	00-024-0506
Zeolite X (Cd-exchanged, Zn-adsorbed), syn;	01-089-8232
Kaolinite 1\ITA\RG;	01-072-2300

A amostra PB-R-16A contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Piroxênio. Frações pequenas de Clorita/Zeólita. Possíveis frações pequenas de Caulinita.



Peak List
Albite, disordered; 00-010-0393
Diopside sodian; 01-080-1861
Clinocllore; 00-012-0185
Muscovite magnesian 1\ITM\RG; 01-078-1928
Kaolinite 2\ITM\RG; 01-075-0938

A amostra PB-R-16B contém predominantemente Plagioclásio e Piroxênio. Frações pequenas de Clorita/Esmectita, Sericita/Muscovita e Caulinita.

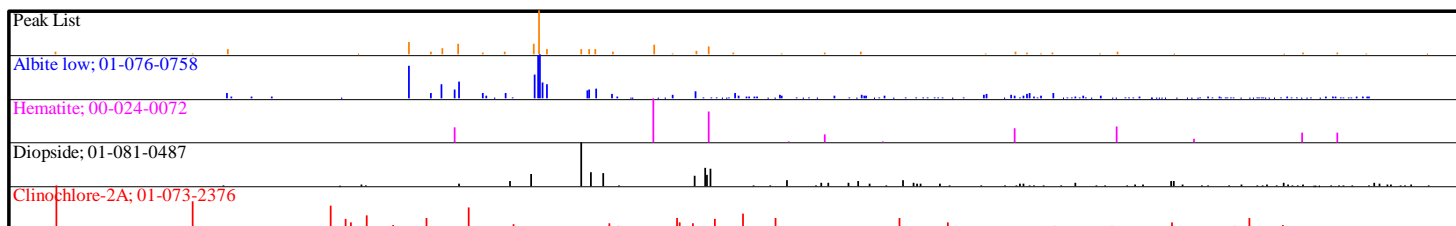
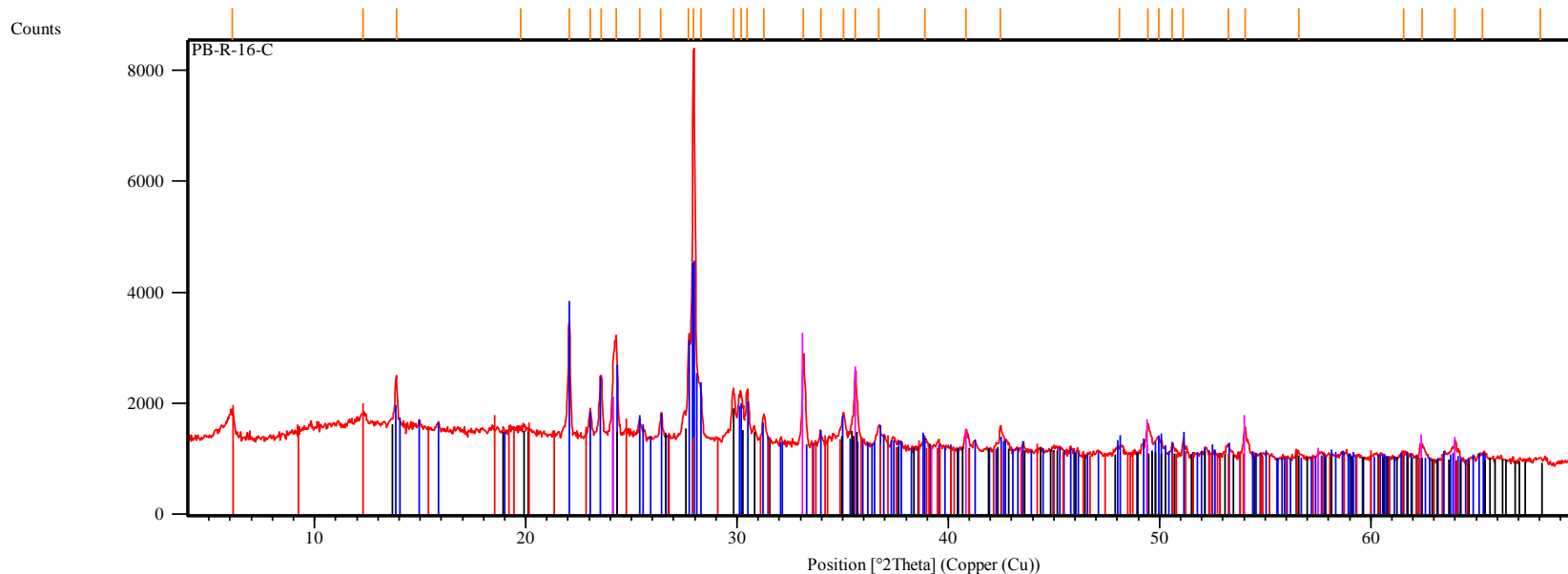


SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

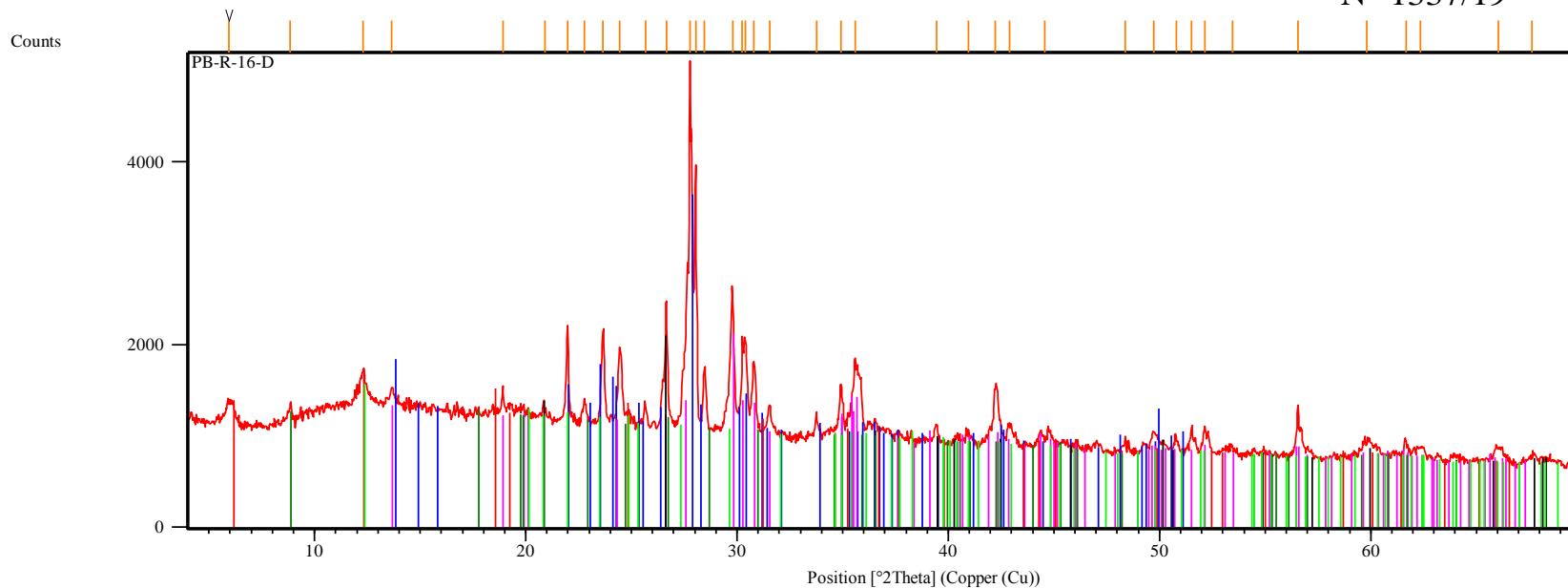
# LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS – LAMIN

## PB-R-16C

Nº 1336/19



A amostra PB-R-16C contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Hematita. Frações pequenas de Piroxênio e Clorita/Esmectita/Zeólita.



Peak List
Albite, ordered; 00-009-0466
Diopside; 01-081-0487
Quartz; 01-085-0504
Clinocllore-1\ITM#\#p\RG; 00-029-085p
Muscovite-3\IT\RG; 00-007-0042
Kaolinite 2\ITM\RG; 01\075-0938

A amostra PB-R-16D contém predominantemente Plagioclásio. Frações moderadas de Piroxênio e Quartzo. Frações pequenas de Clorita/Esmectita e Sericita/Muscovita. Possíveis frações pequenas de Caulinita.

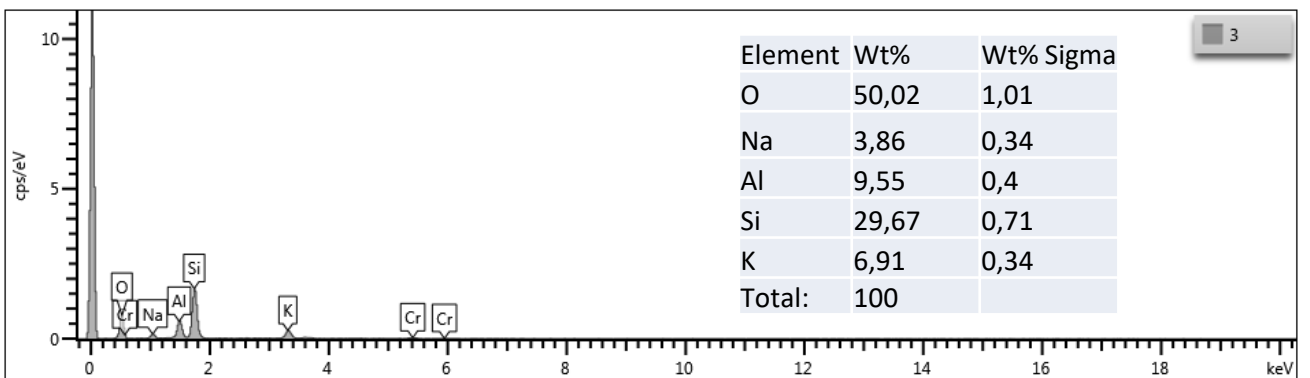
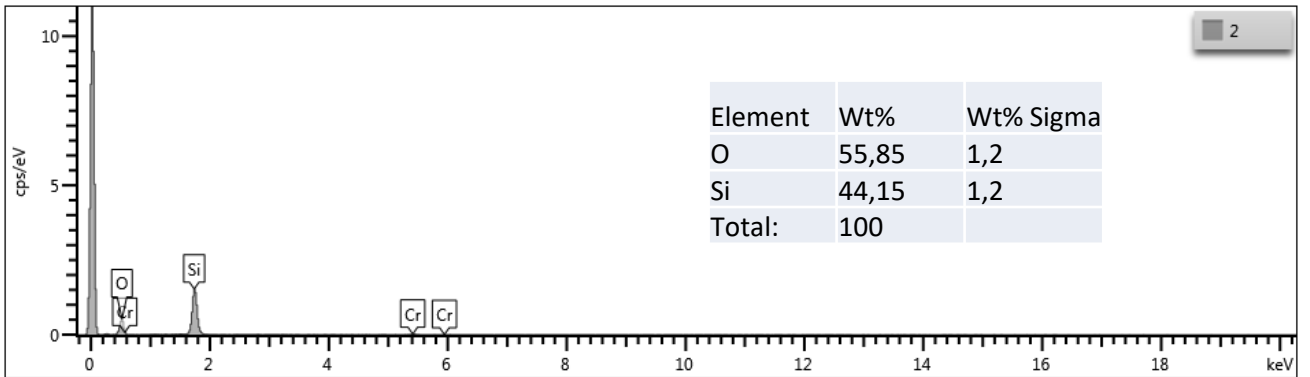
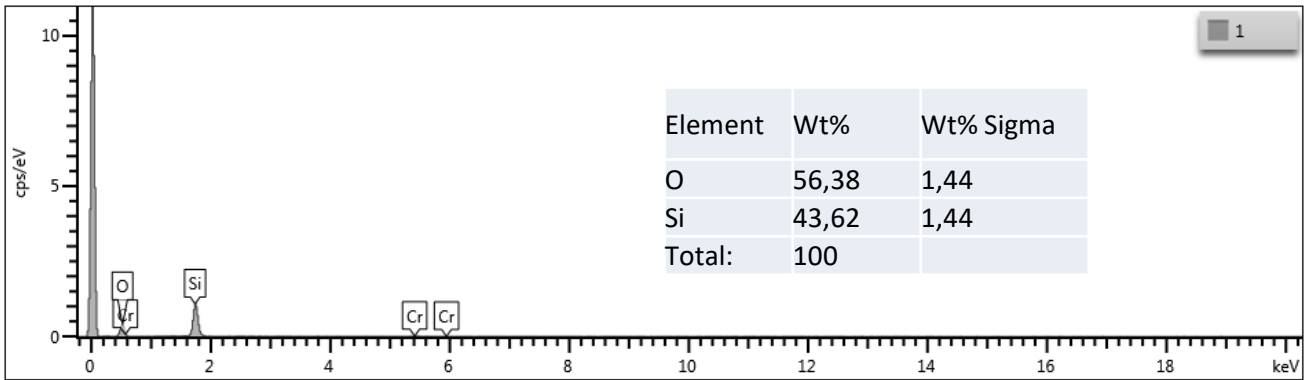
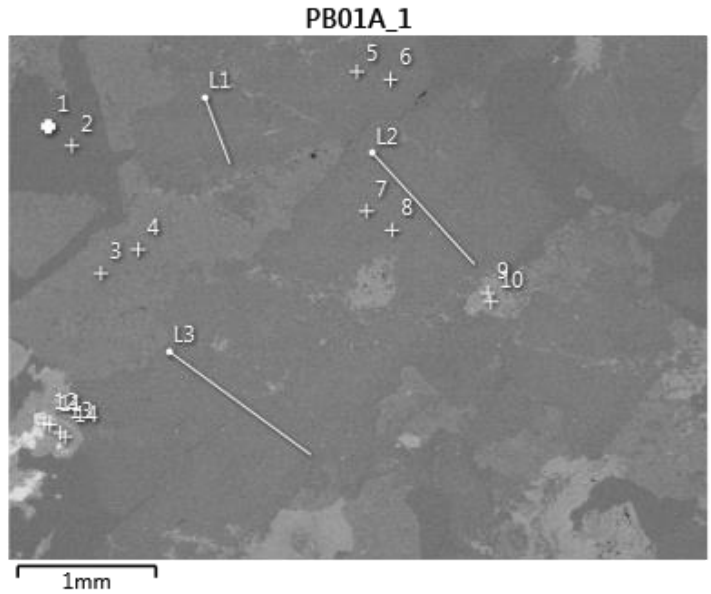
## ANEXO I D - RESULTADOS DO MEV (EDS)

---

Análises mineralógicas realizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), por espectrometria por dispersão de energia (*Energy Dispersive Spectrometry* – EDS), realizadas pelo Laboratório LAMIM-BE da Superintendência de Belém do Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. A partir dessas análises foi possível avaliar a composição química dos minerais.

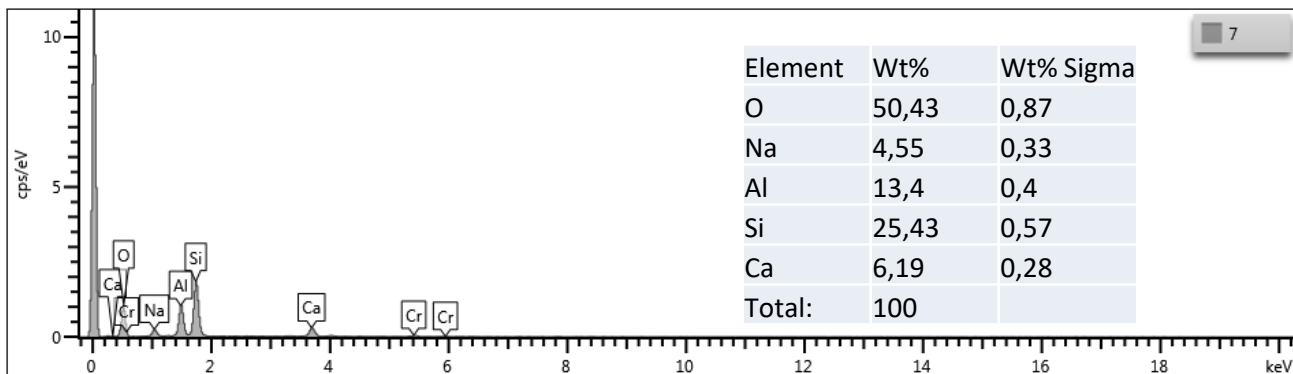
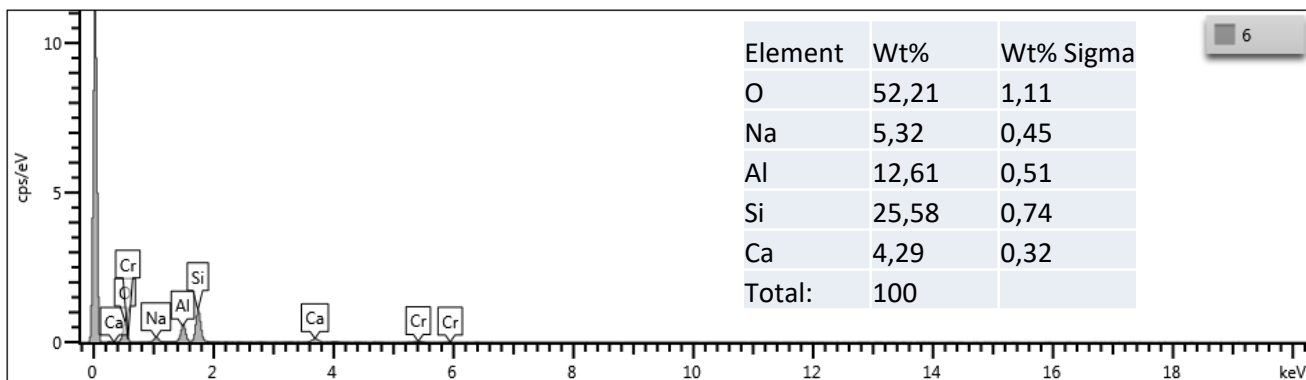
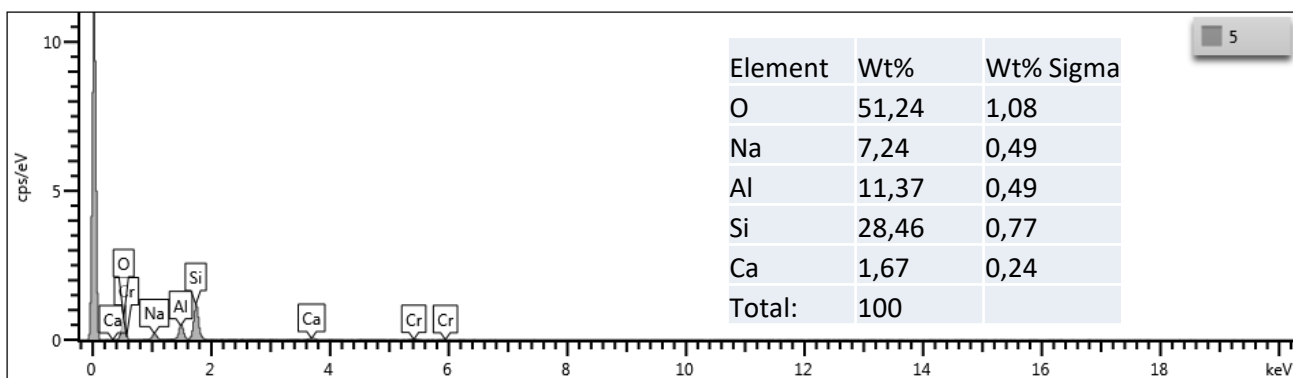
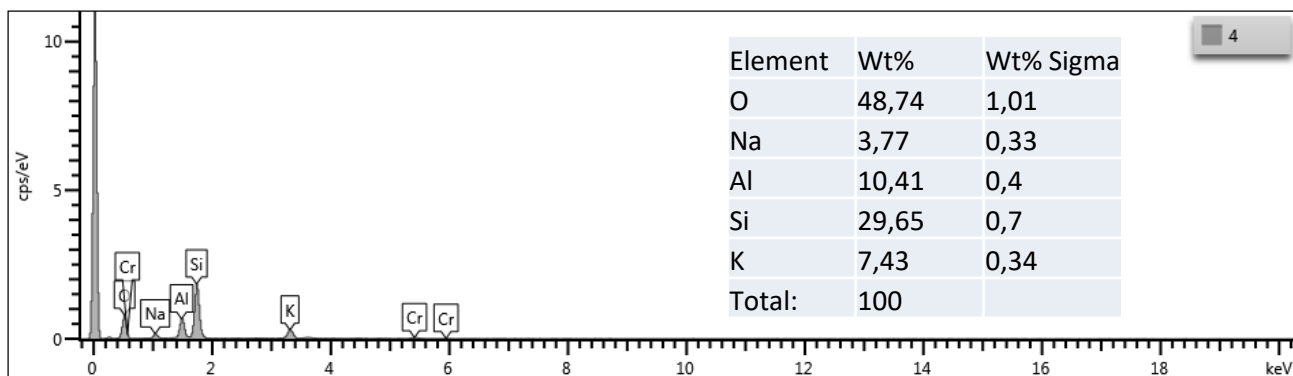
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 1 - PONTOS)



# Amostra PB 01A

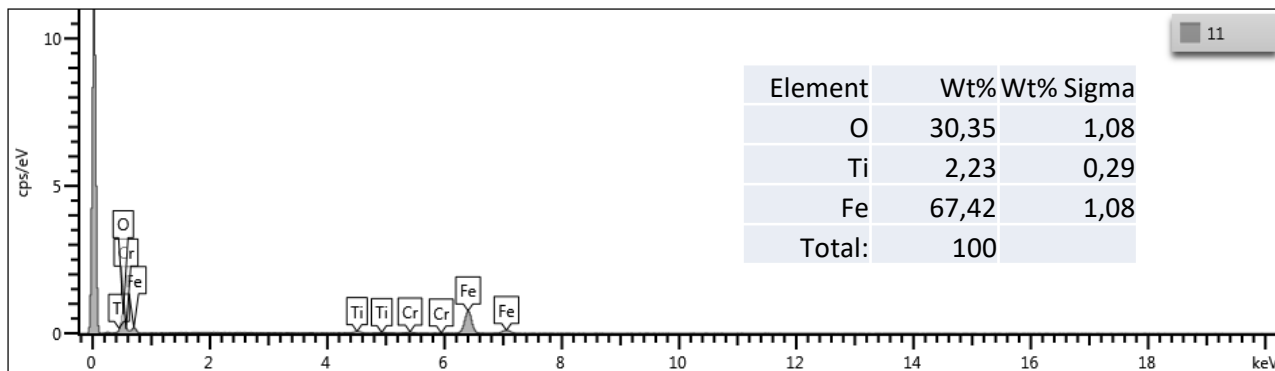
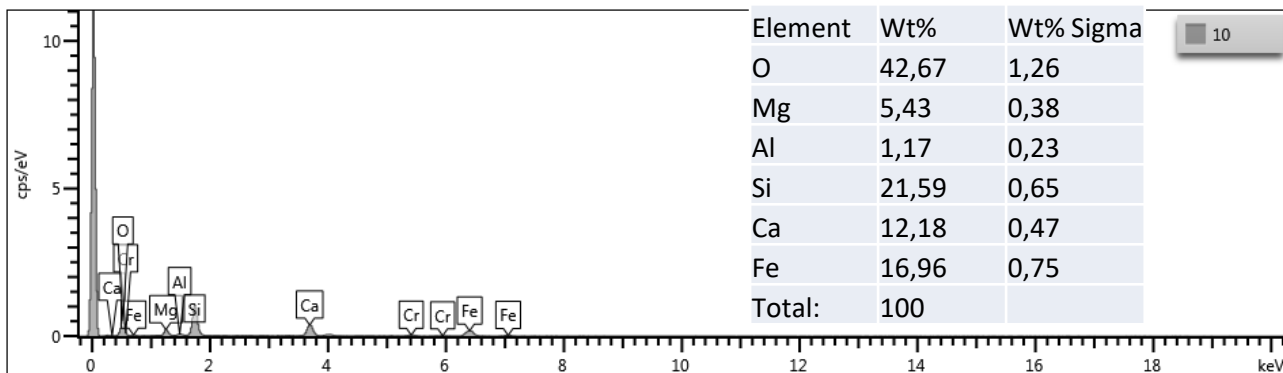
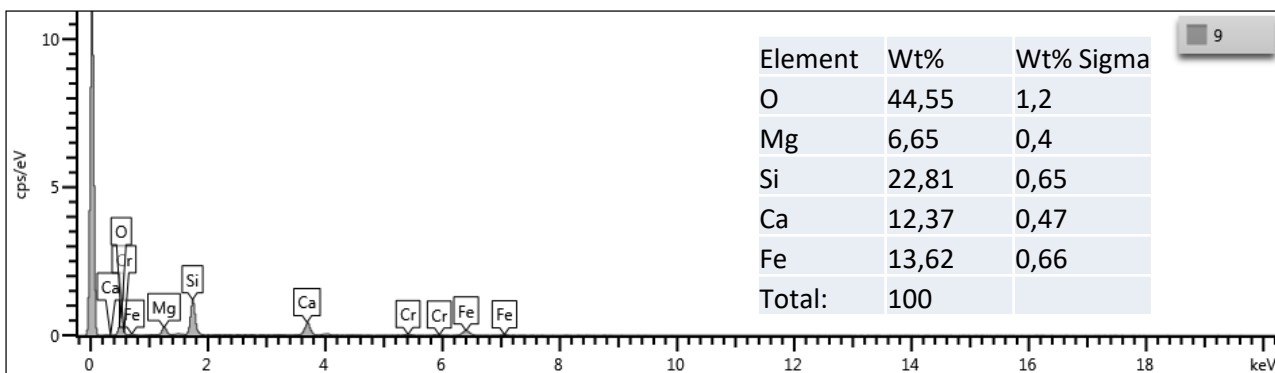
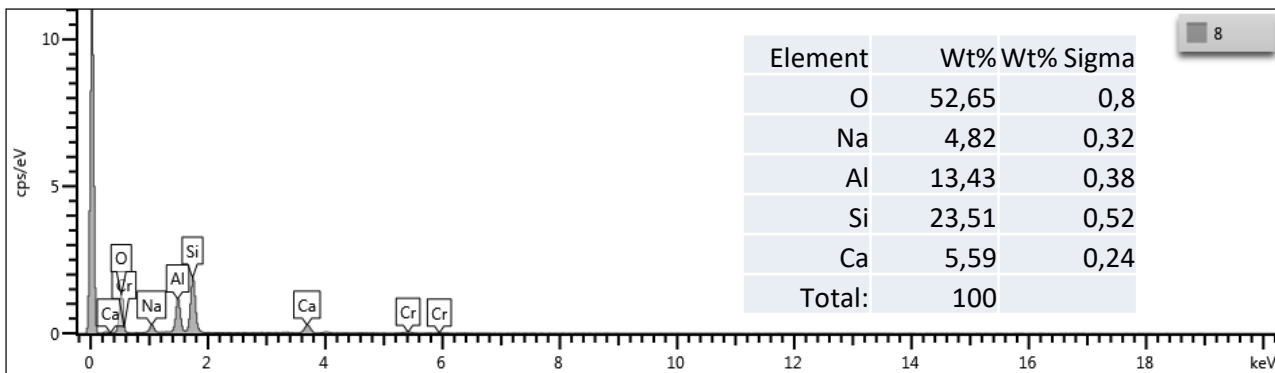
## (Detalhe 1 - PONTOS)





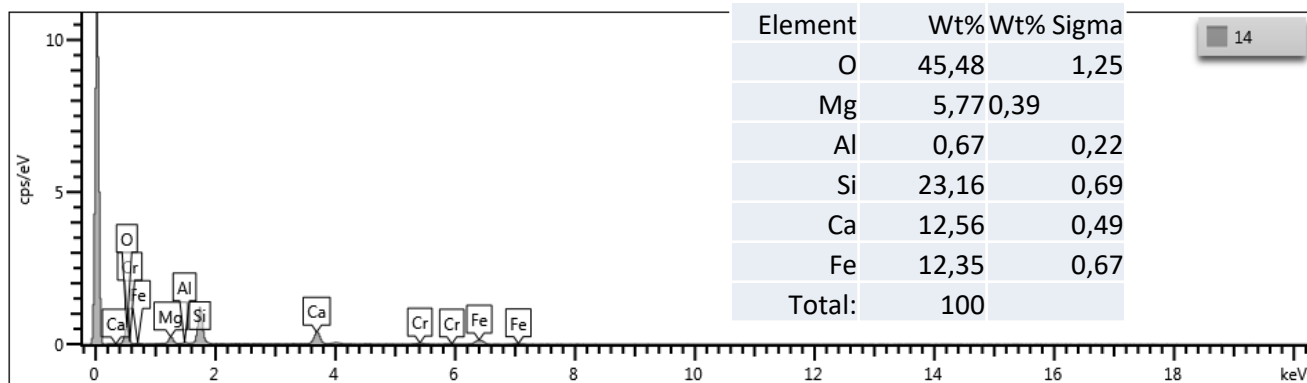
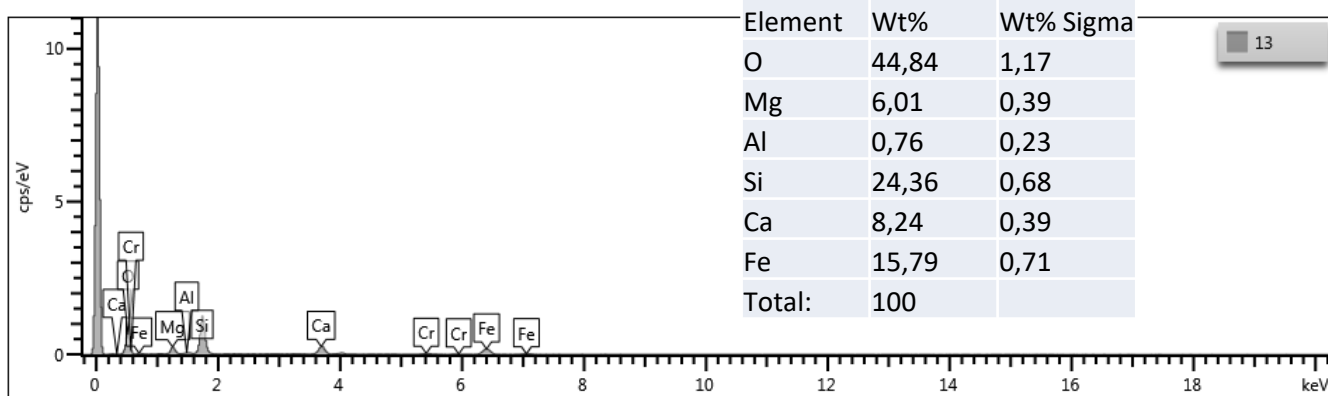
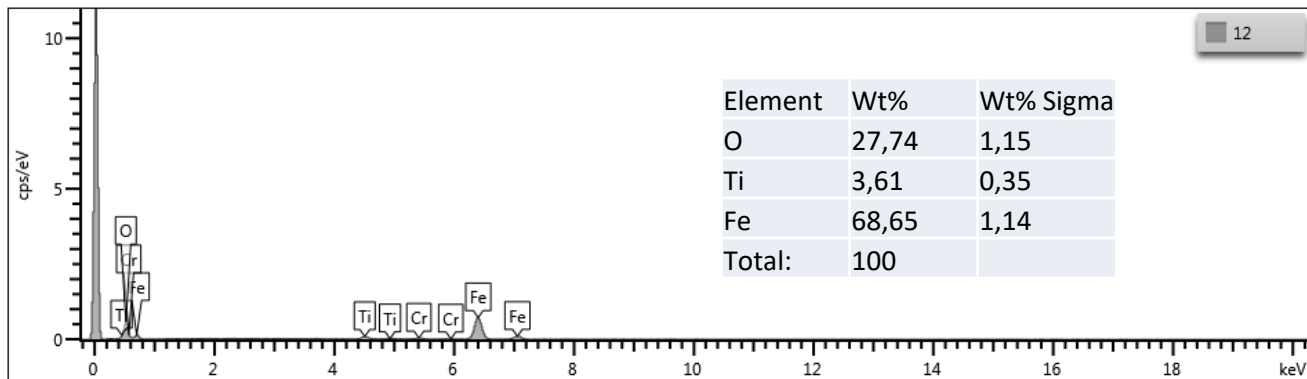
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 1 - PONTOS)



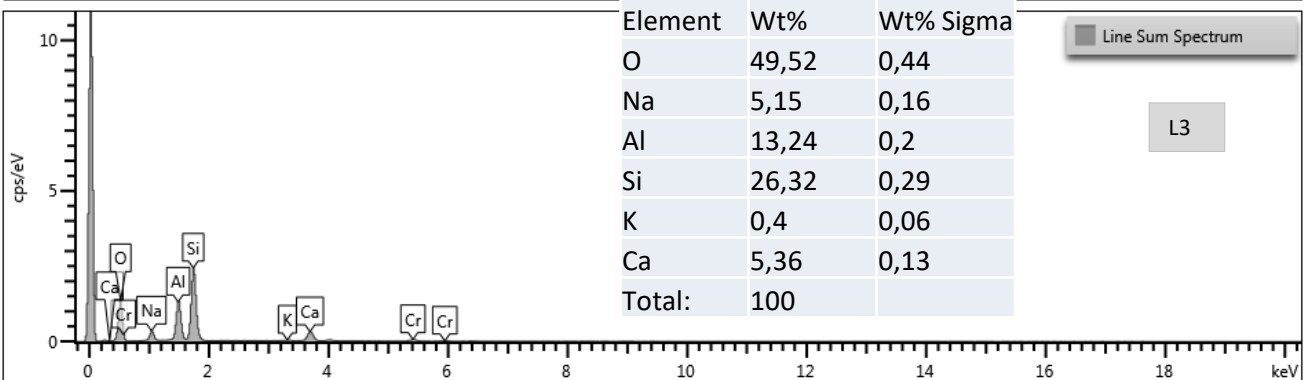
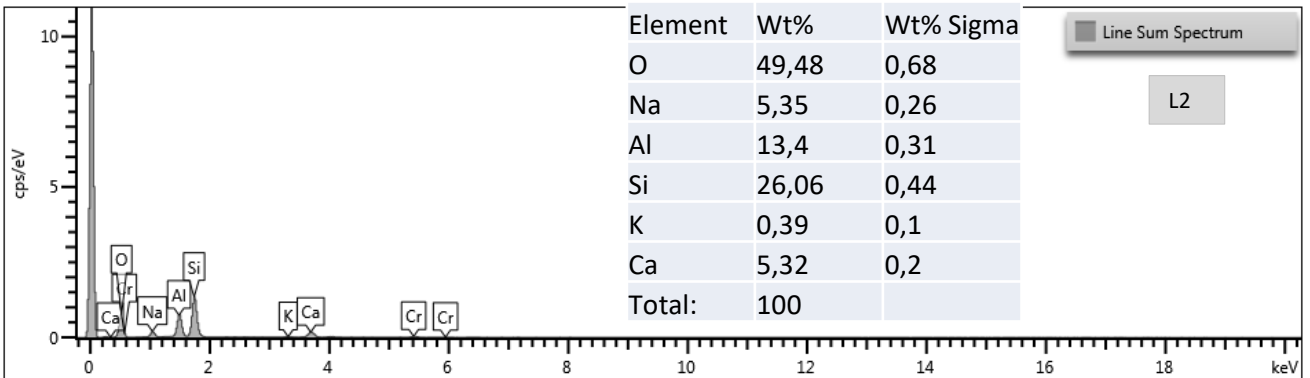
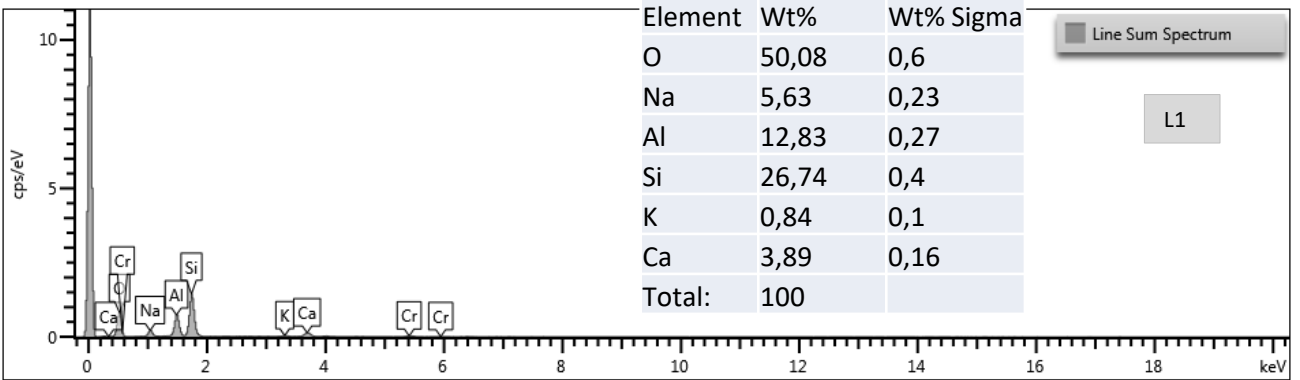
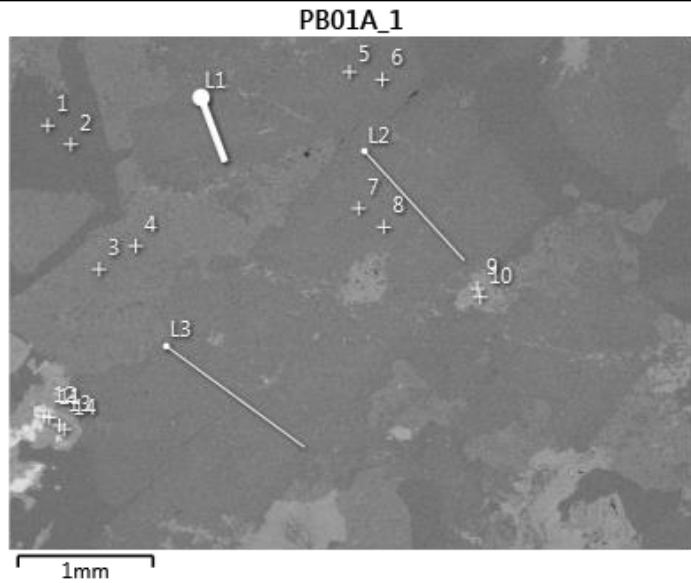
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 1 - PONTOS)



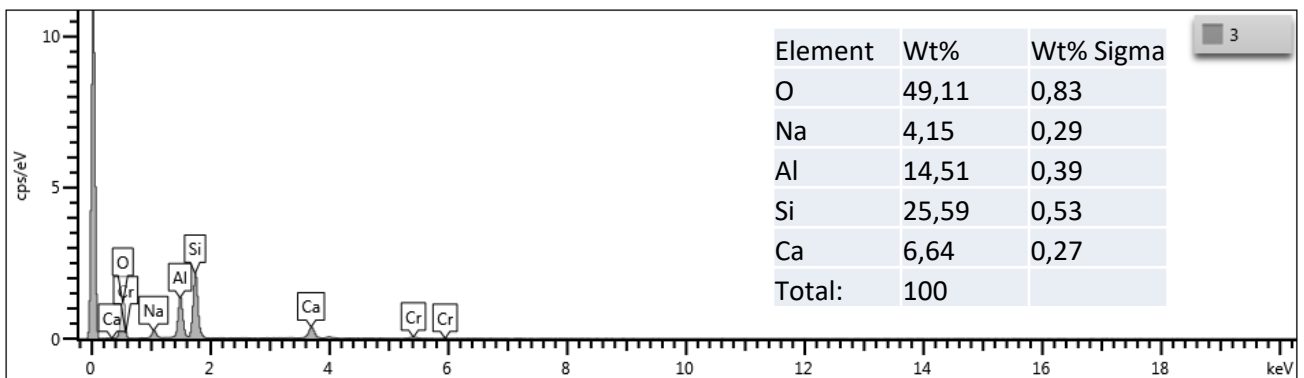
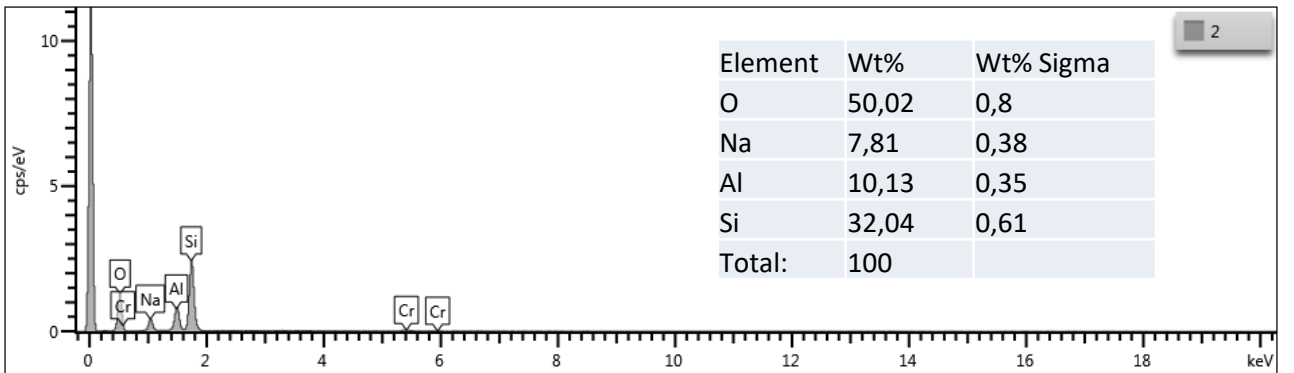
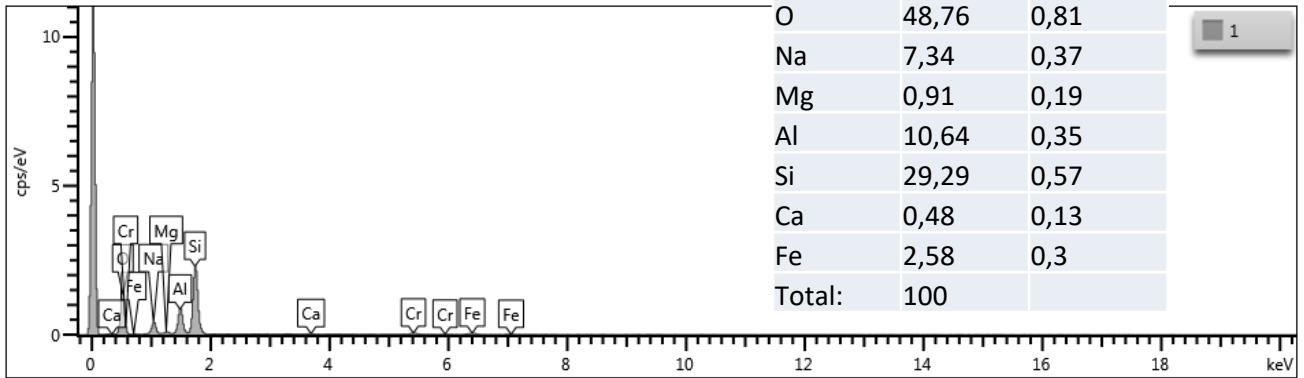
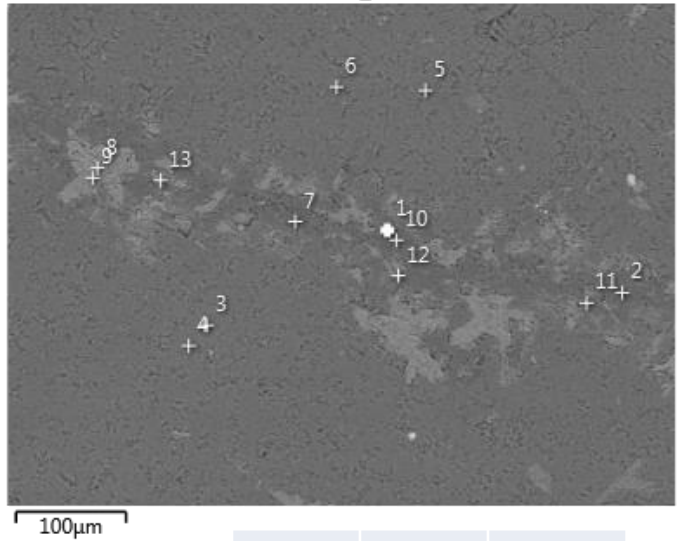
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 1 – LINHAS)



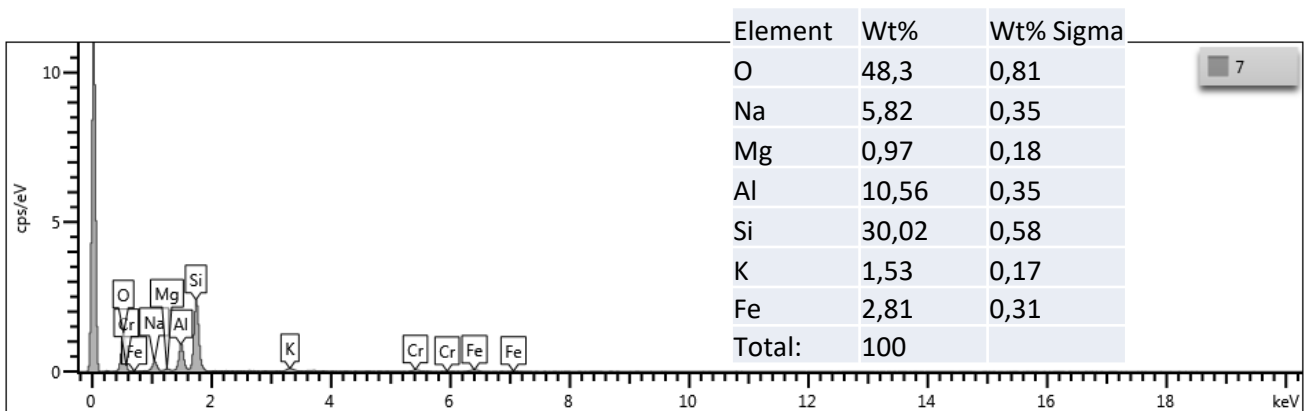
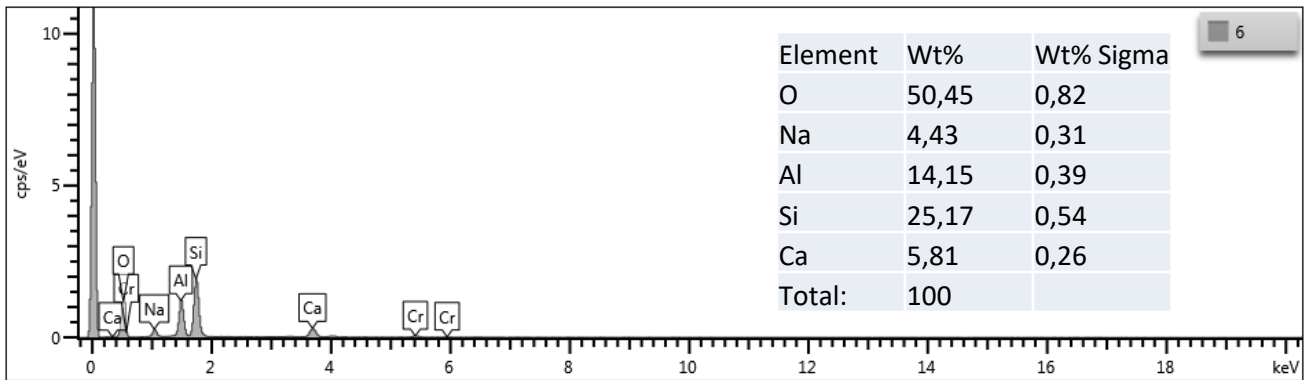
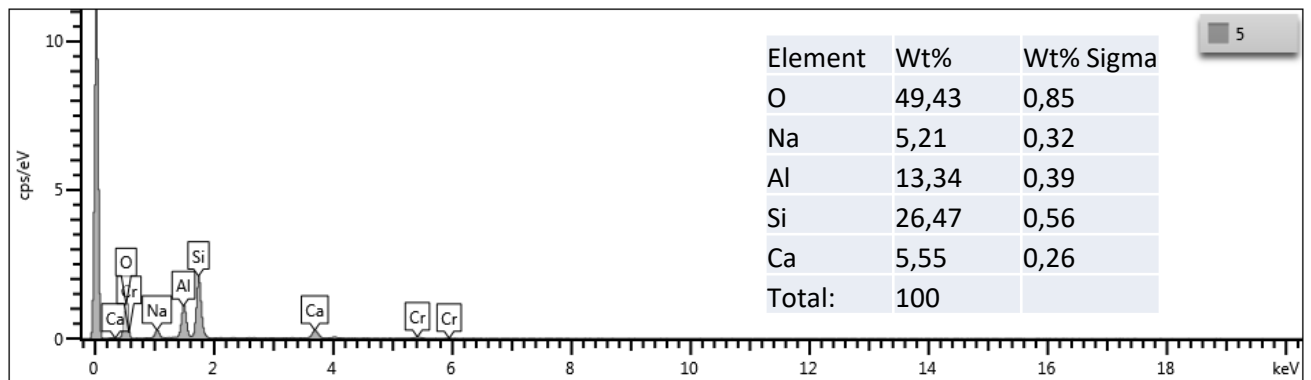
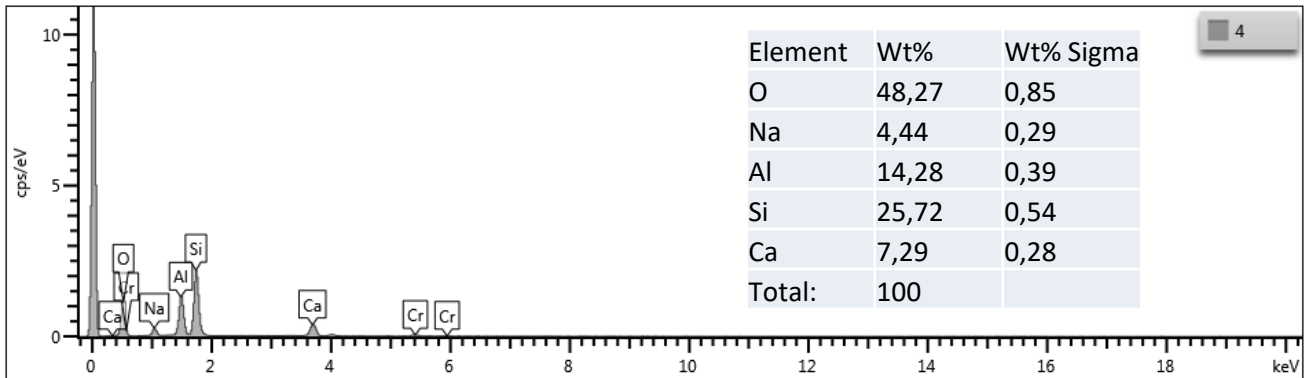
PB01A\_1B

# Amostra PB 01A (Detalhe 2 - PONTOS)



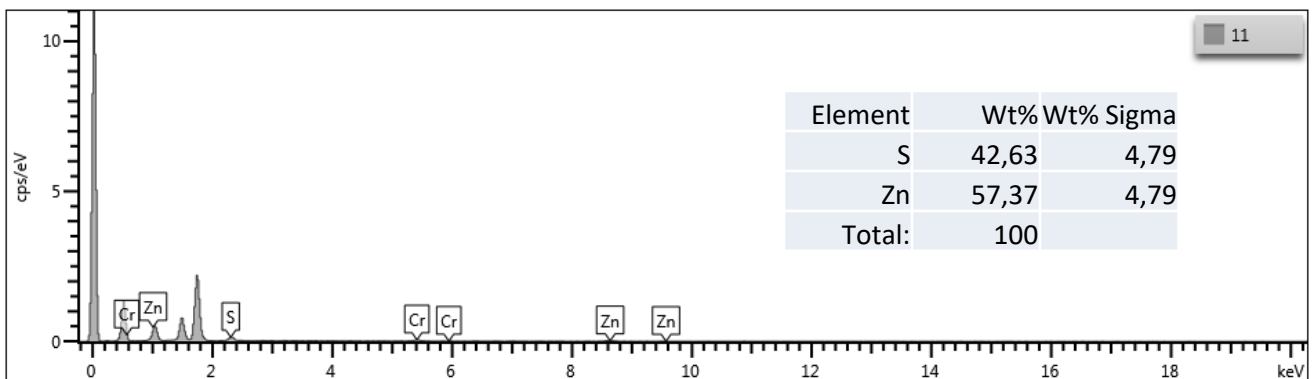
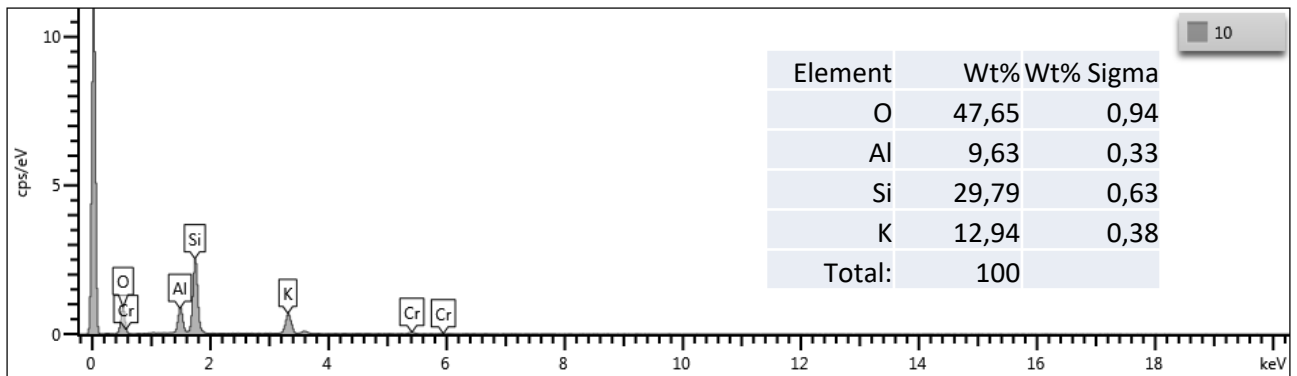
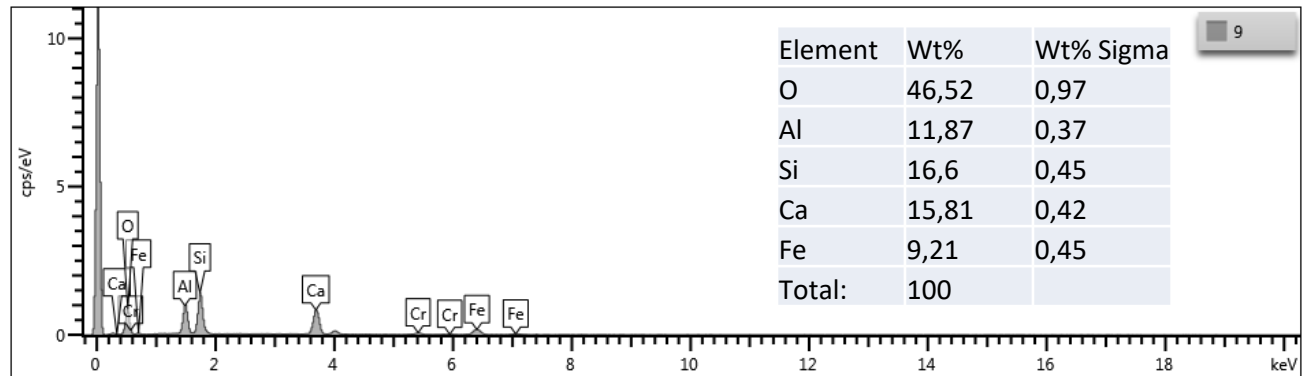
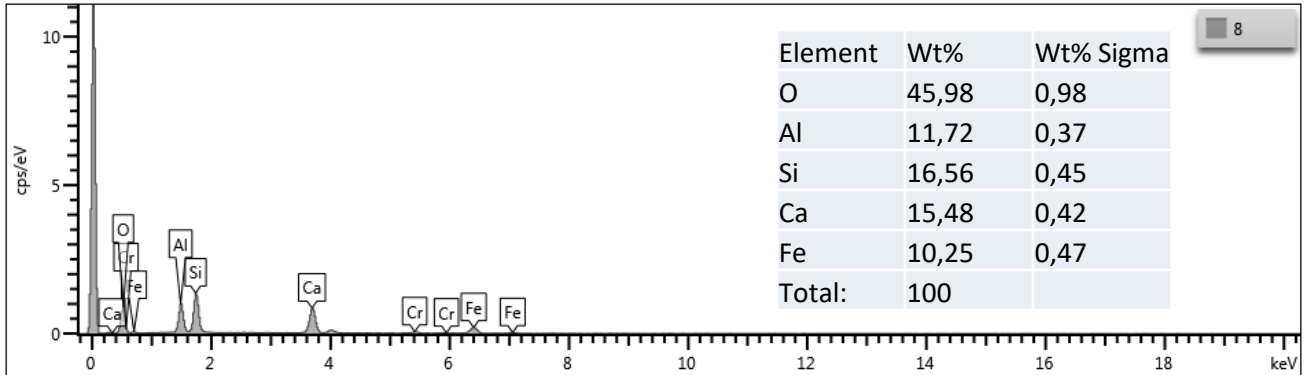
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 2 - PONTOS)



# Amostra PB 01A

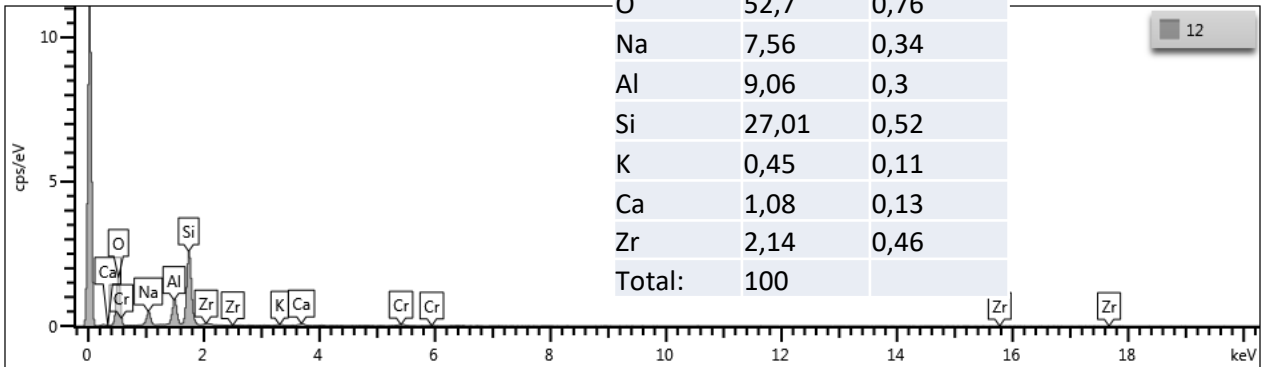
## (Detalhe 2 - PONTOS)



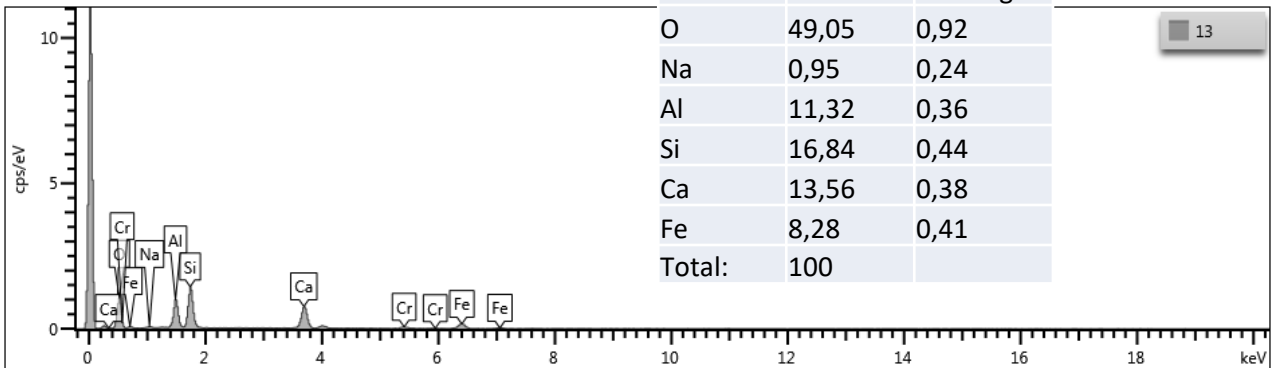
# Amostra PB 01A

## (Detalhe 2 - PONTOS)

Element	Wt%	Wt% Sigma
O	52,7	0,76
Na	7,56	0,34
Al	9,06	0,3
Si	27,01	0,52
K	0,45	0,11
Ca	1,08	0,13
Zr	2,14	0,46
Total:	100	



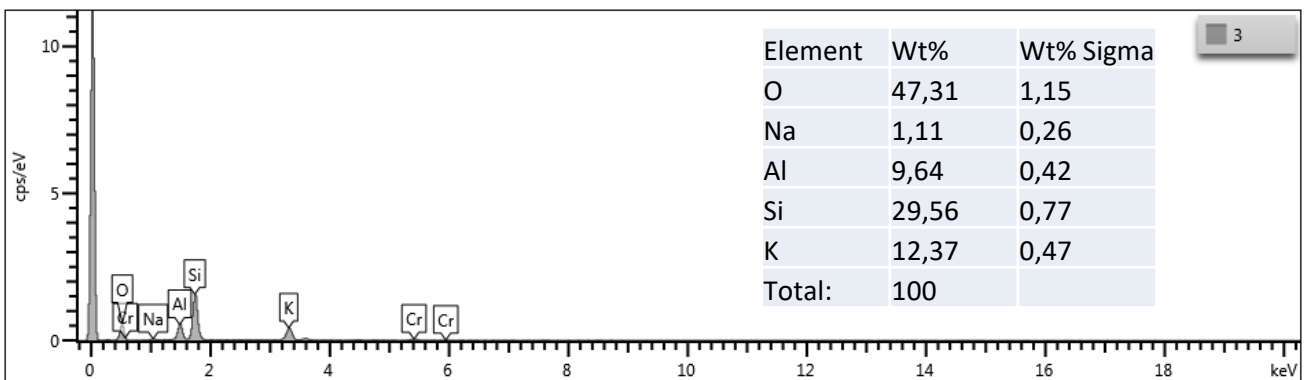
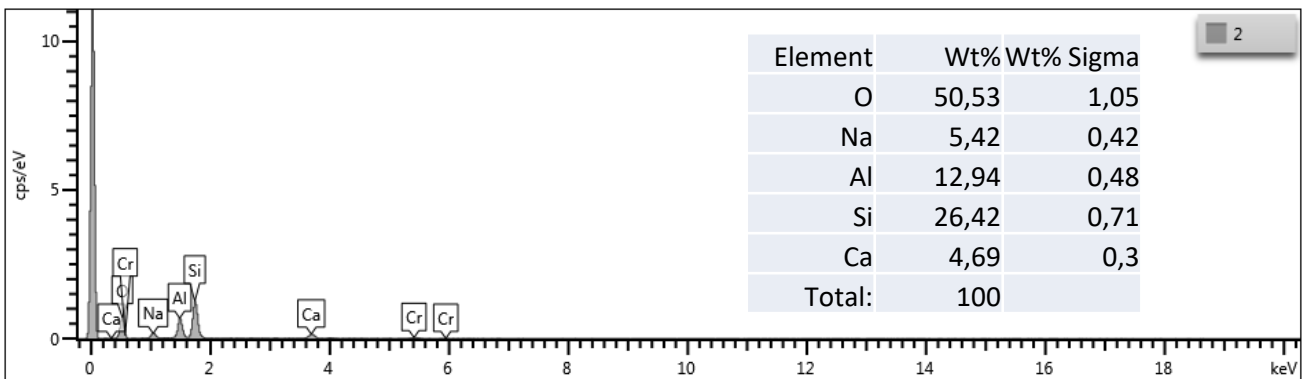
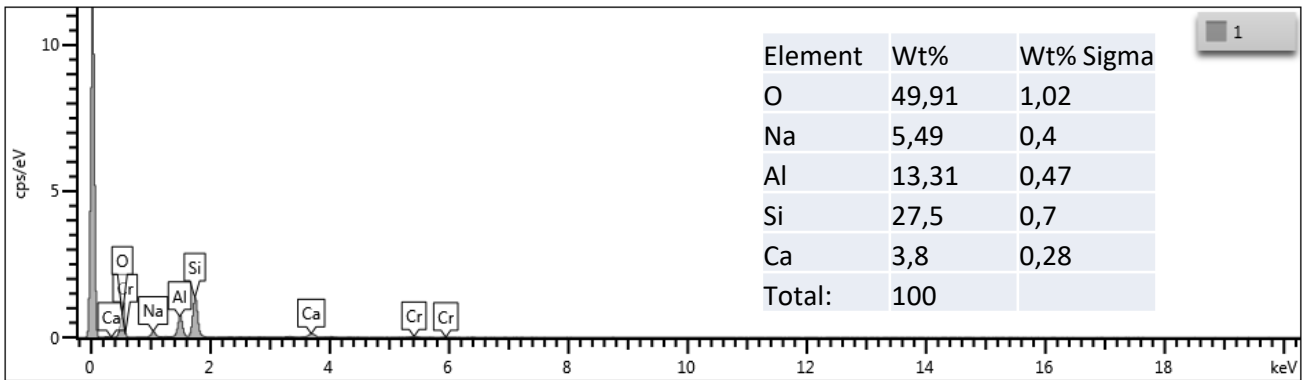
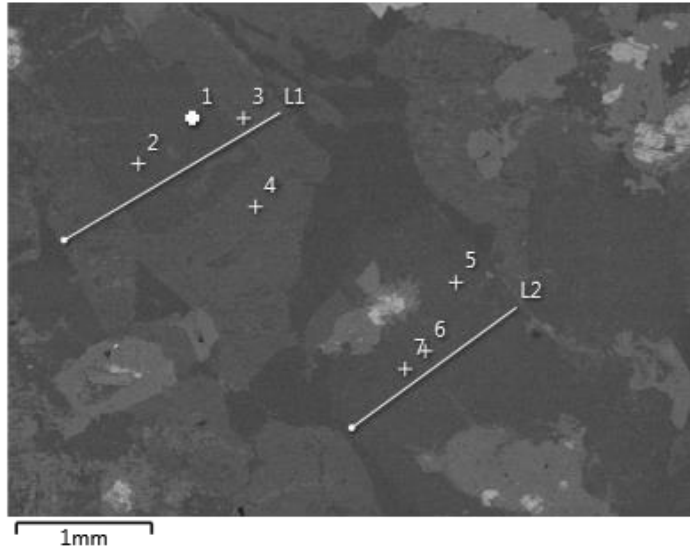
Element	Wt%	Wt% Sigma
O	49,05	0,92
Na	0,95	0,24
Al	11,32	0,36
Si	16,84	0,44
Ca	13,56	0,38
Fe	8,28	0,41
Total:	100	



# Amostra PB 01A

## (Detalhe 3 - PONTOS)

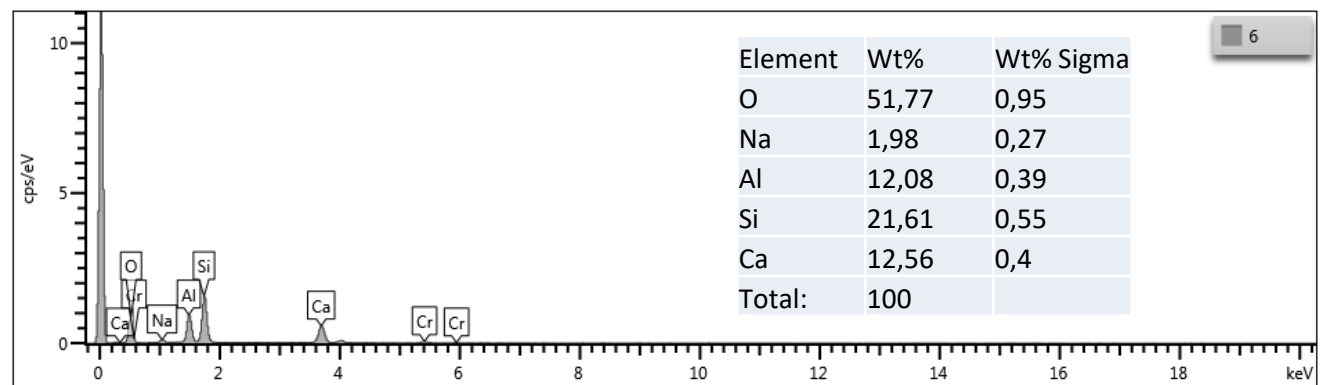
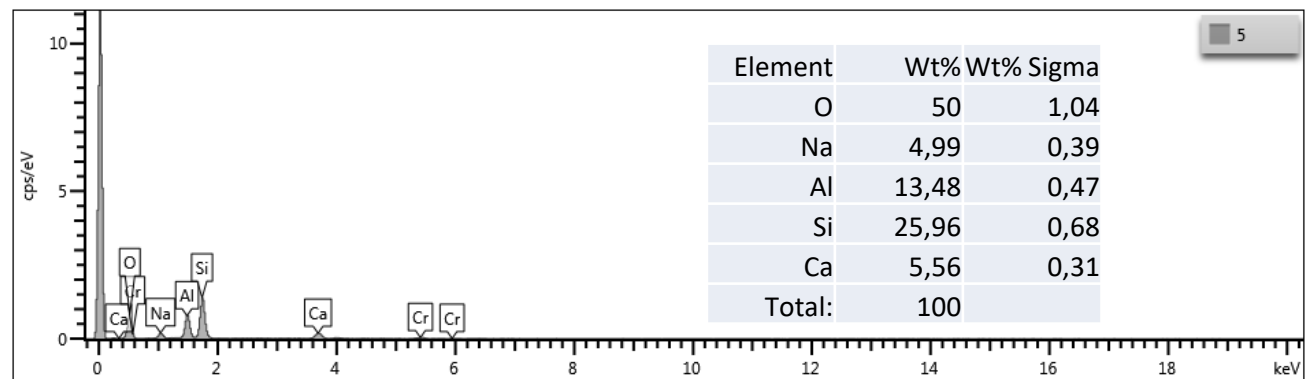
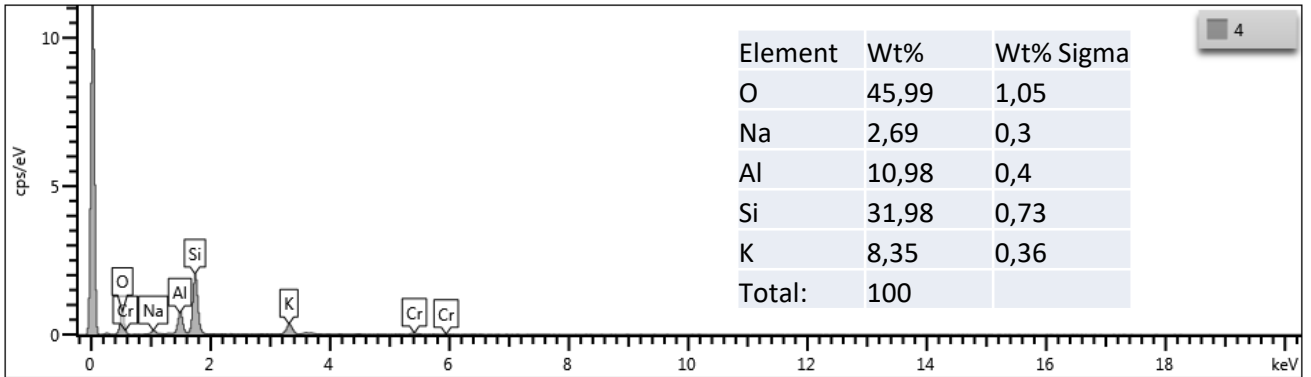
PB01A\_2





# Amostra PB 01A

## (Detalhe 3 - PONTOS)

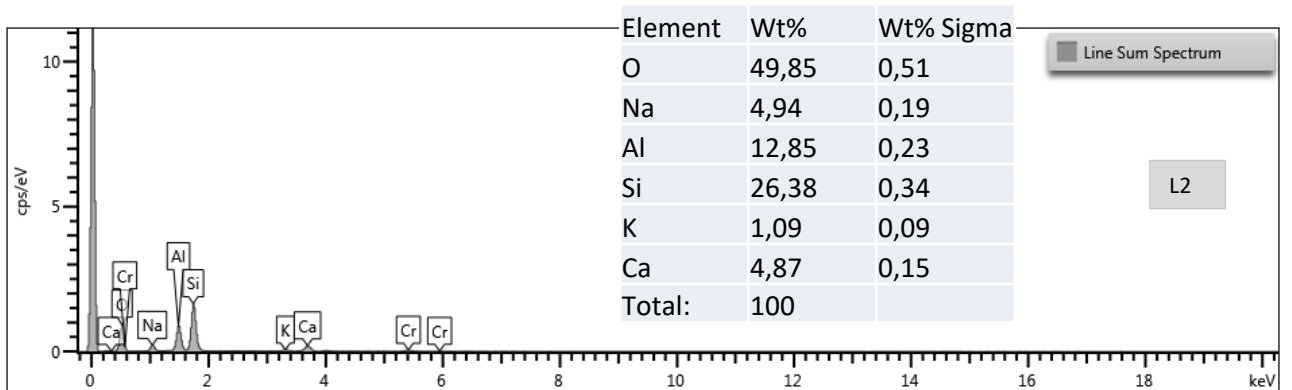
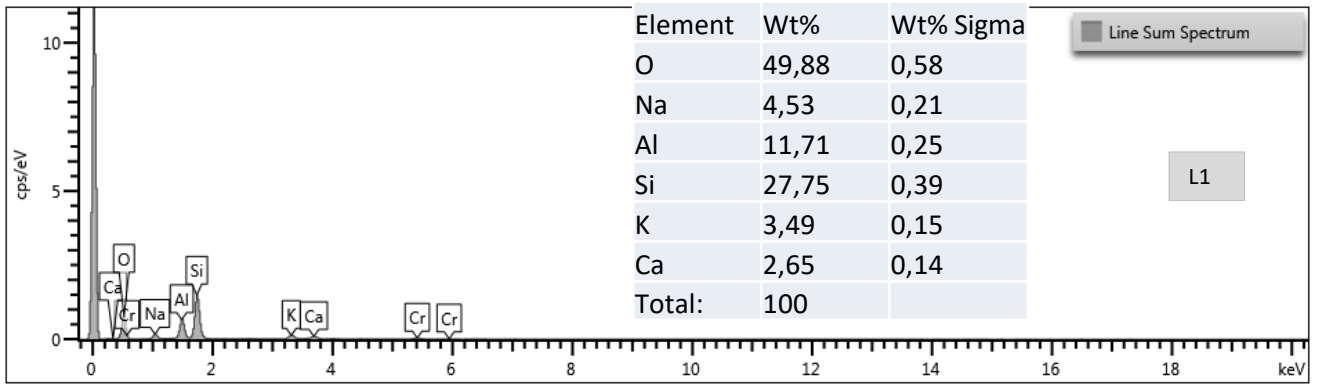
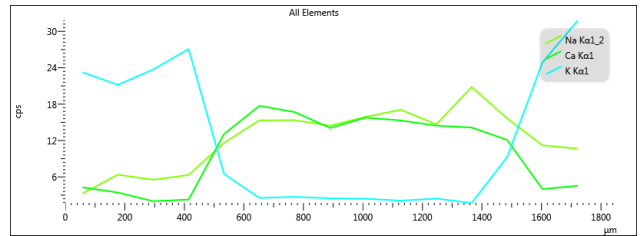
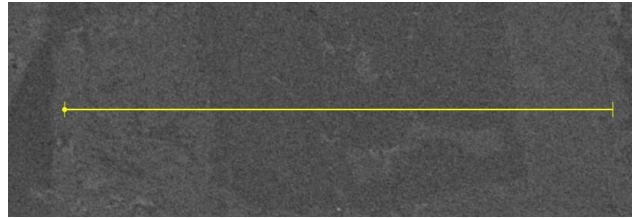
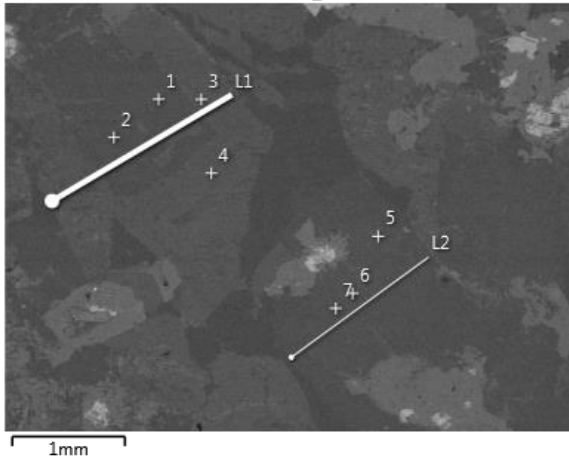


# Amostra PB 01A

## Detalhe 3 - PERFIL

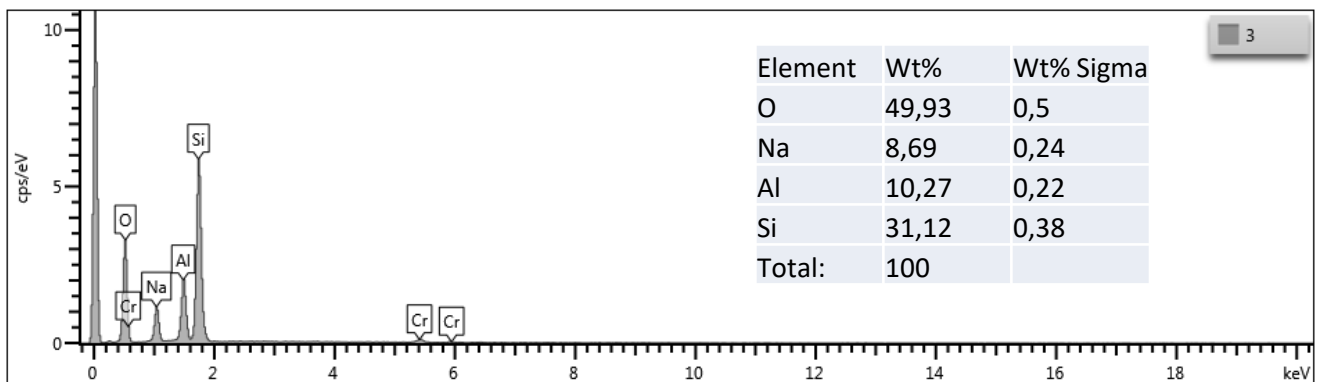
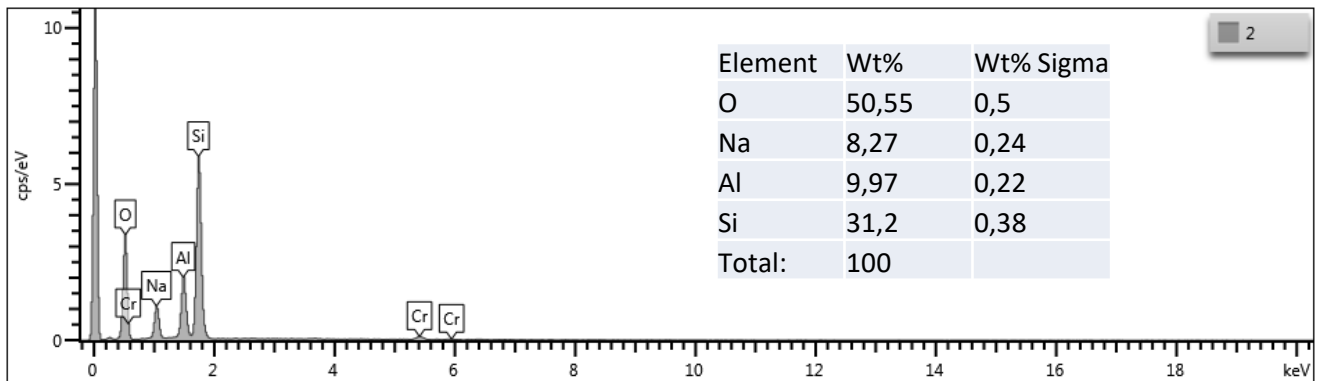
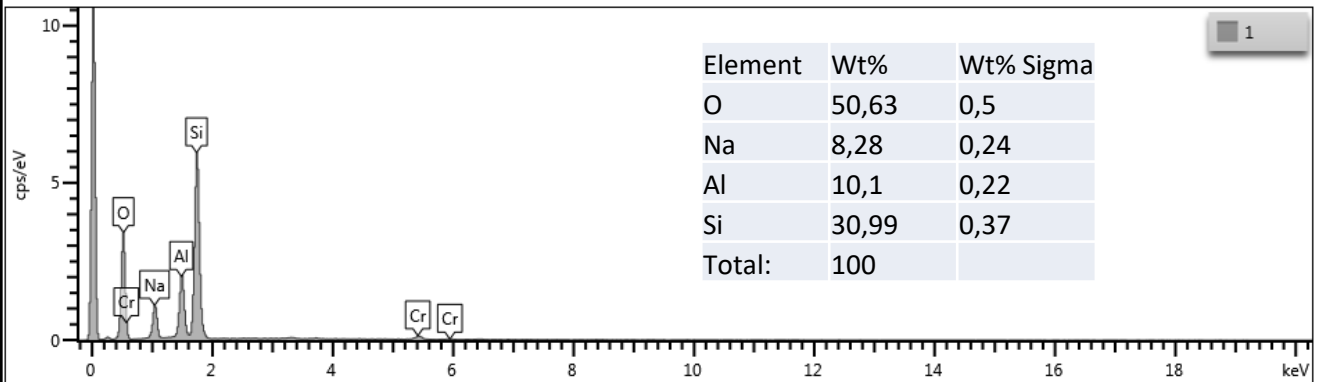
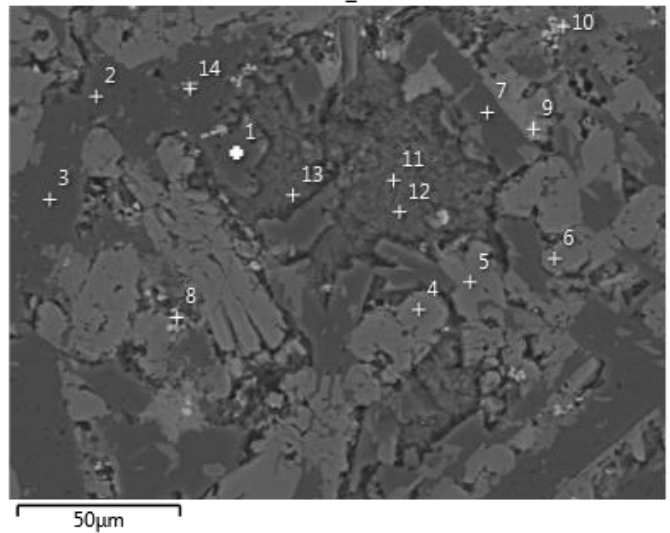
## Detalhe 2 - PONTOS

PB01A\_2



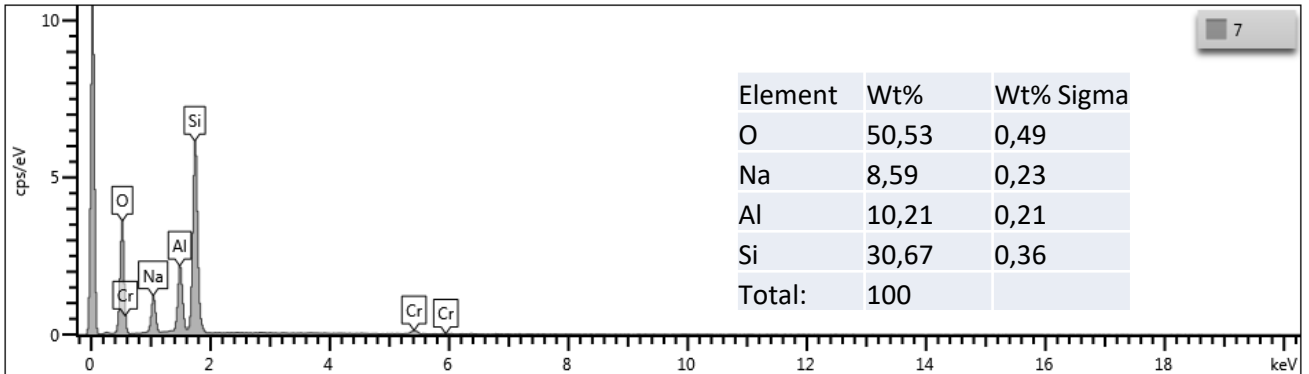
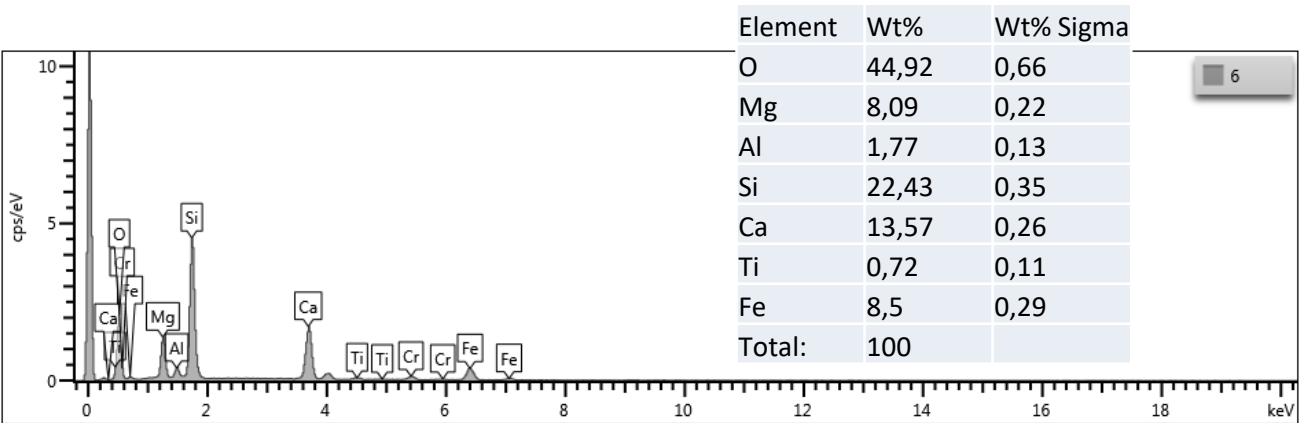
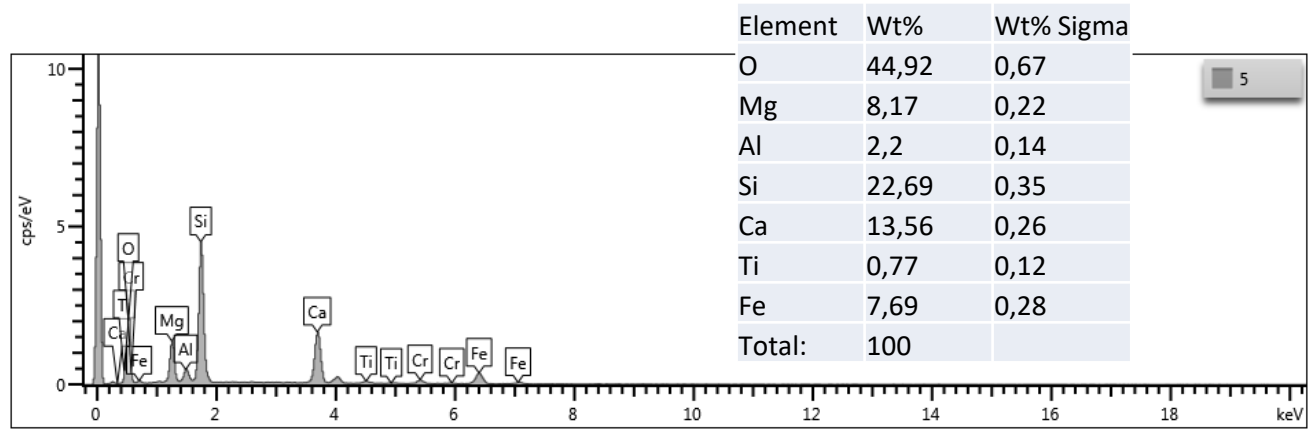
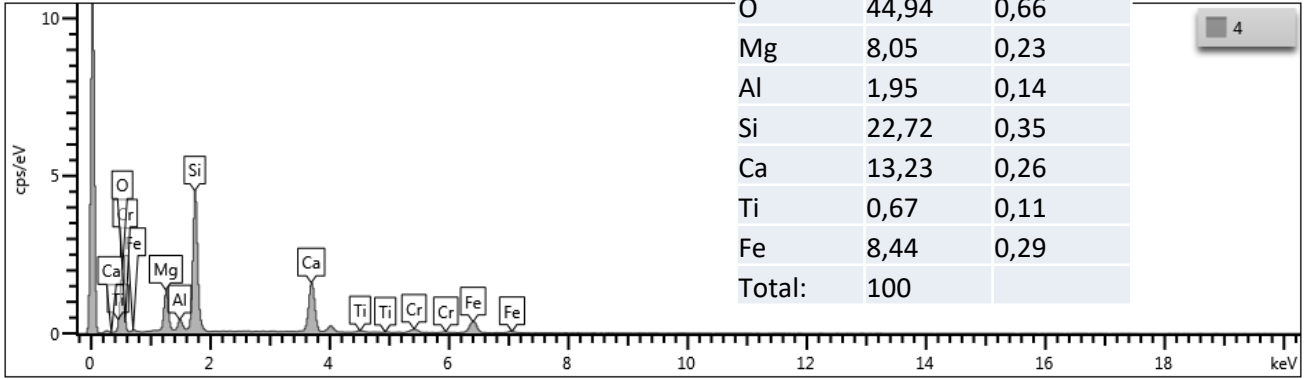
# Amostra PB 16 D

## (Detalhe 1 - PONTOS)

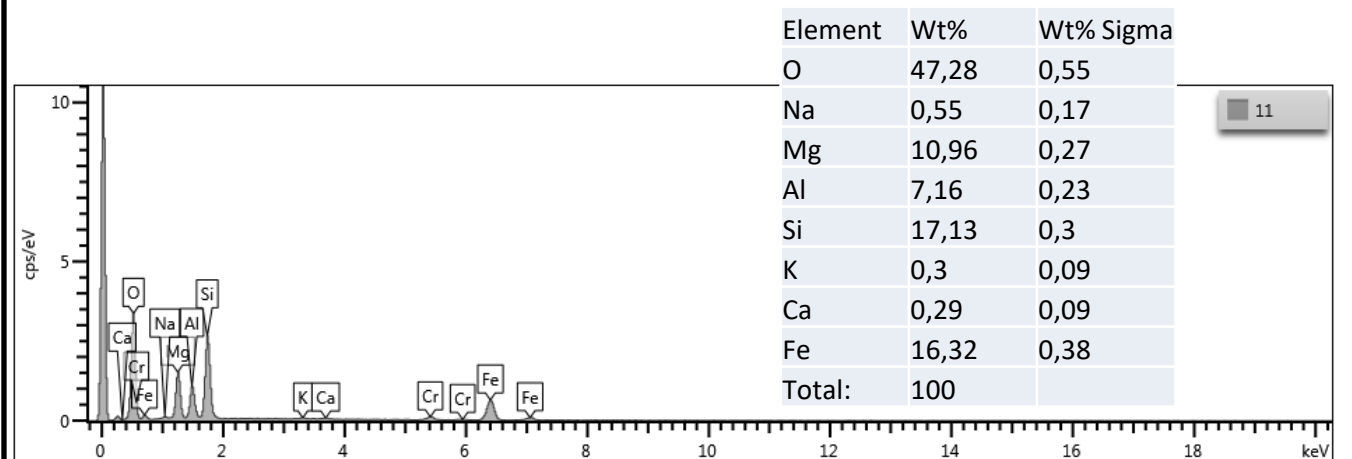
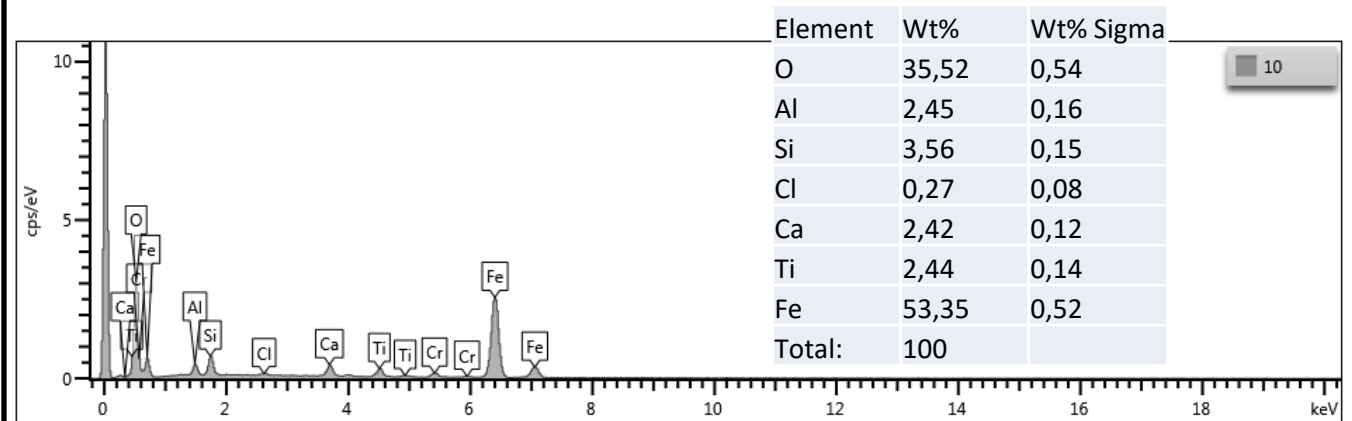
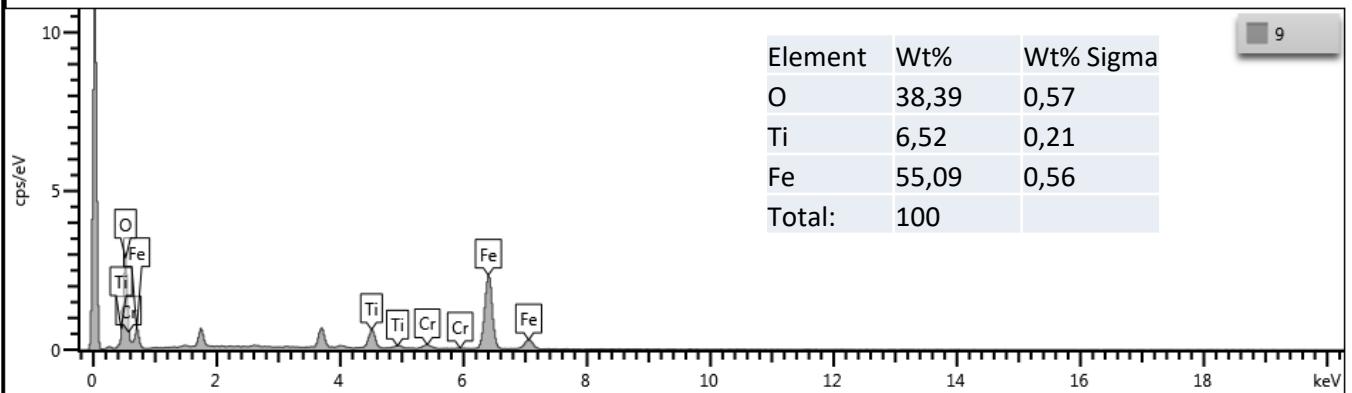
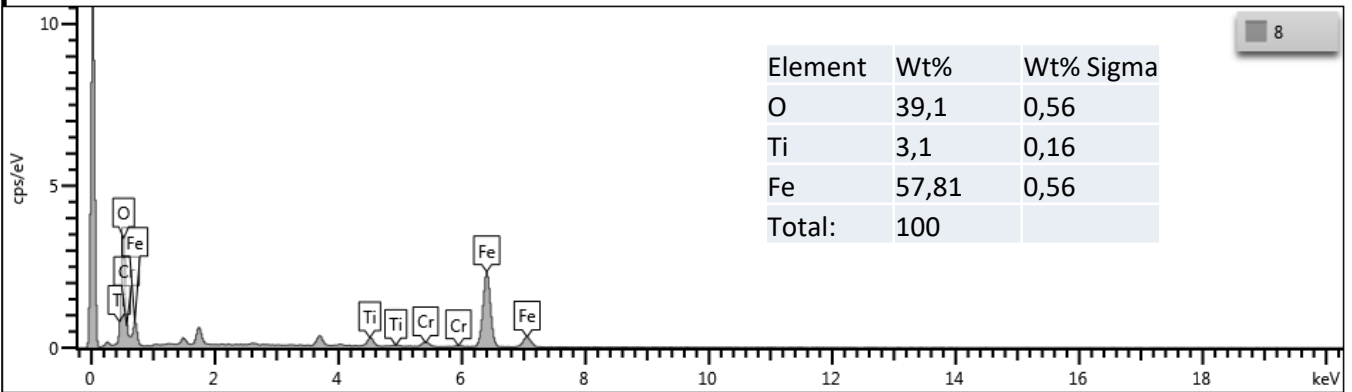


# Amostra PB 16 D

## (Detalhe 1 - PONTOS)

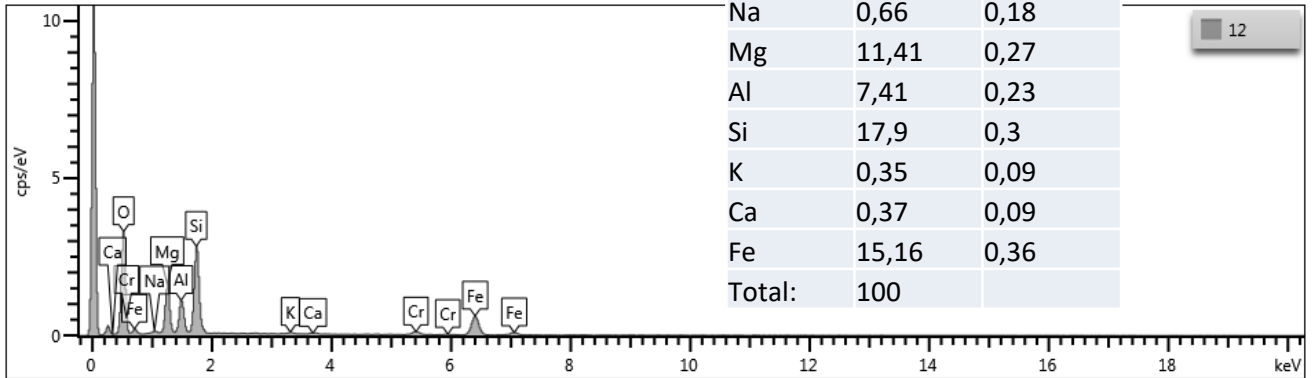


# Amostra PB 16 D (Detalhe 1 - PONTOS)

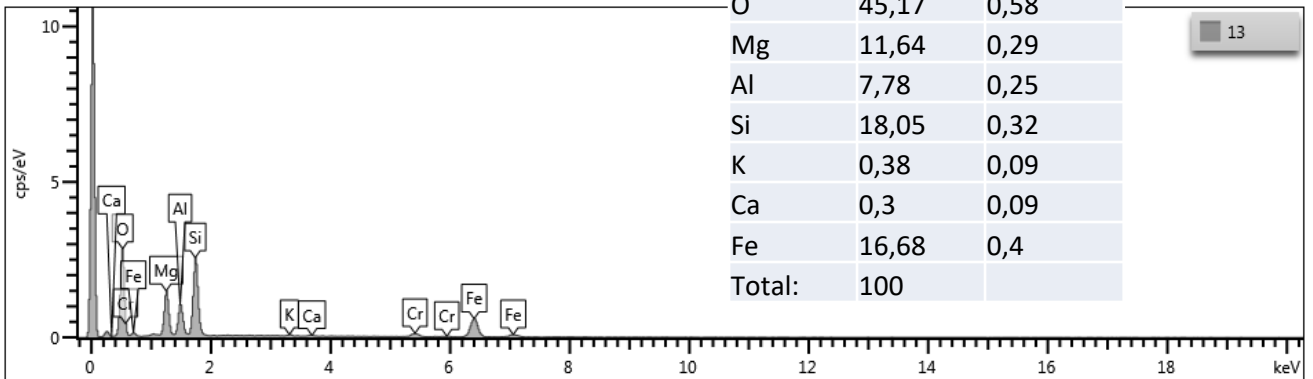


# Amostra PB 16

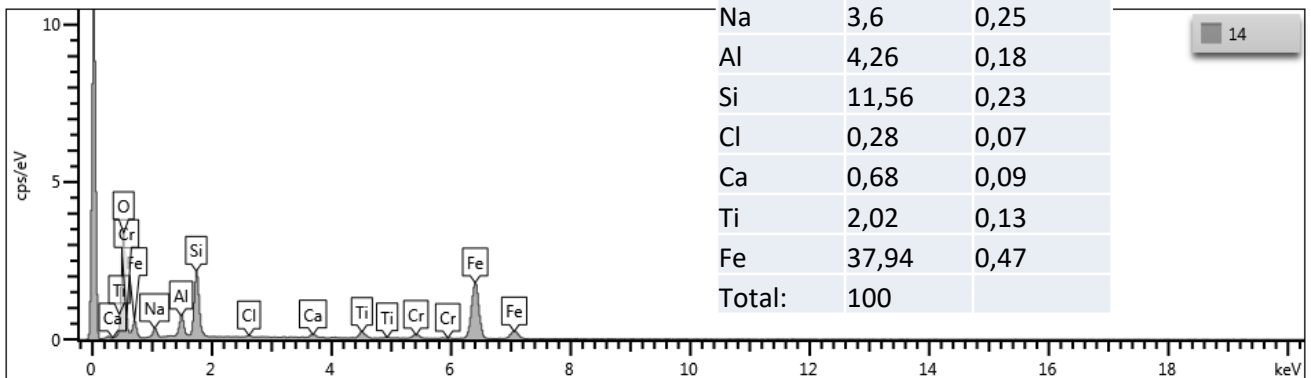
## (Detalhe 1 - PONTOS)



Element	Wt%	Wt% Sigma
O	46,74	0,55
Na	0,66	0,18
Mg	11,41	0,27
Al	7,41	0,23
Si	17,9	0,3
K	0,35	0,09
Ca	0,37	0,09
Fe	15,16	0,36
Total:	100	



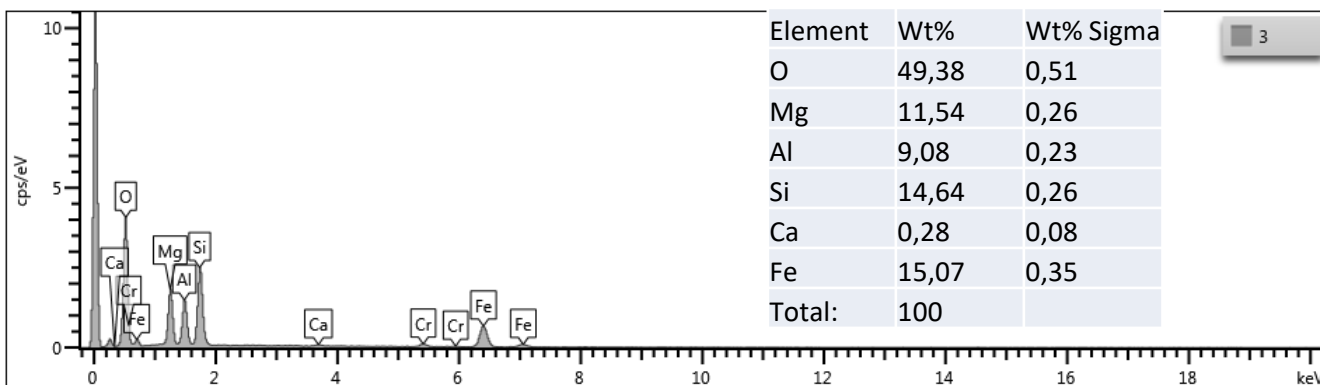
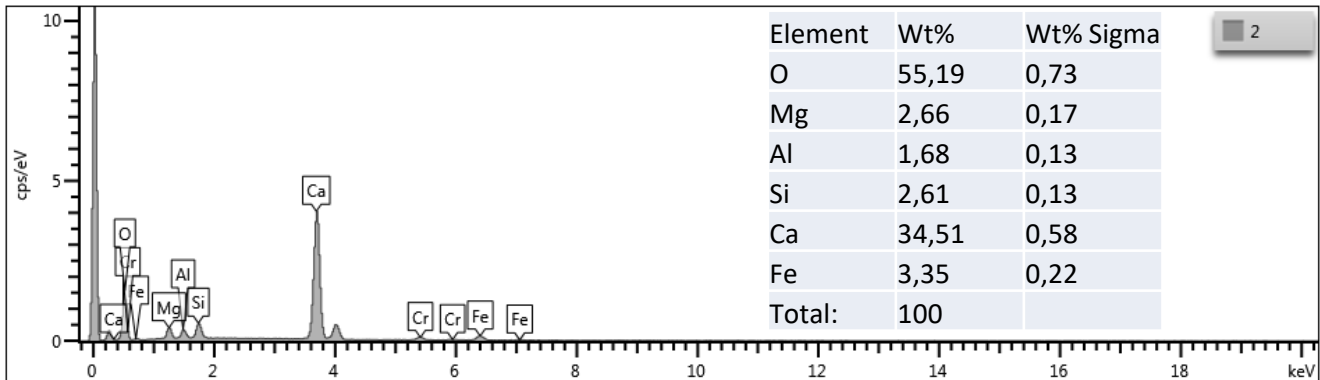
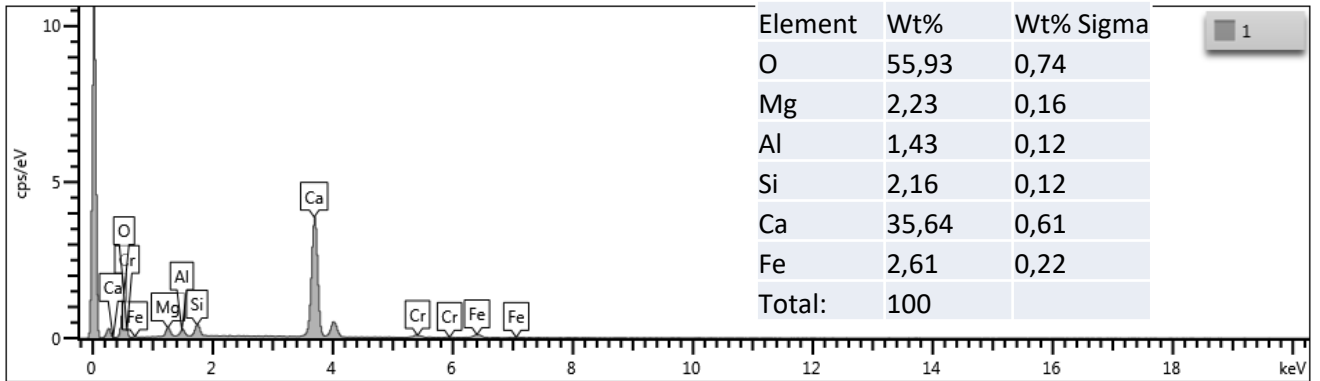
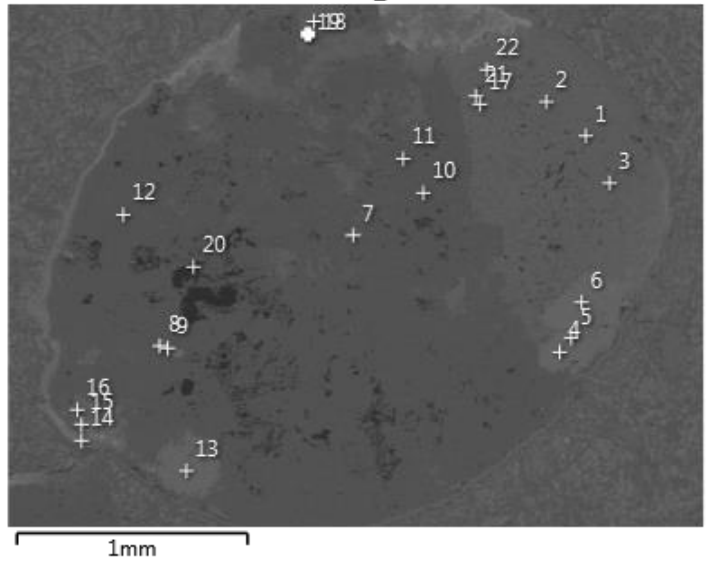
Element	Wt%	Wt% Sigma
O	45,17	0,58
Mg	11,64	0,29
Al	7,78	0,25
Si	18,05	0,32
K	0,38	0,09
Ca	0,3	0,09
Fe	16,68	0,4
Total:	100	



Element	Wt%	Wt% Sigma
O	39,66	0,55
Na	3,6	0,25
Al	4,26	0,18
Si	11,56	0,23
Cl	0,28	0,07
Ca	0,68	0,09
Ti	2,02	0,13
Fe	37,94	0,47
Total:	100	

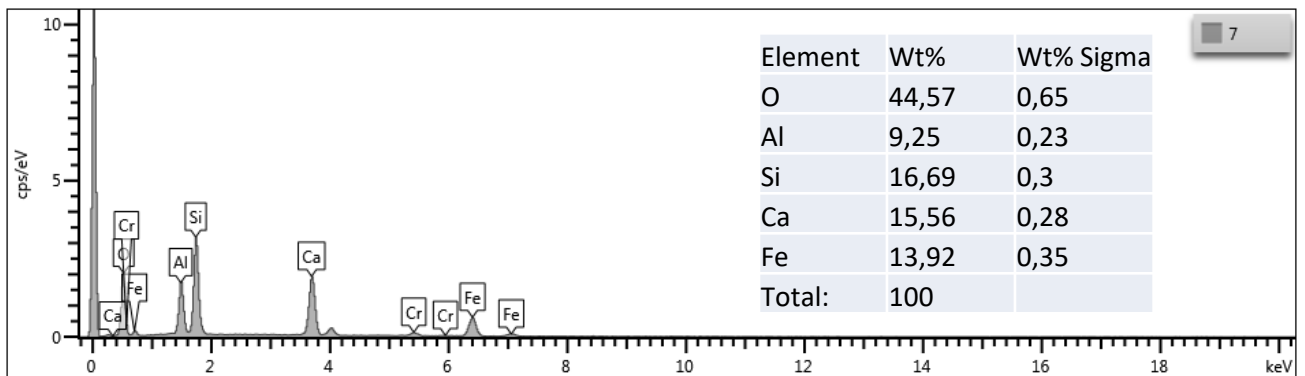
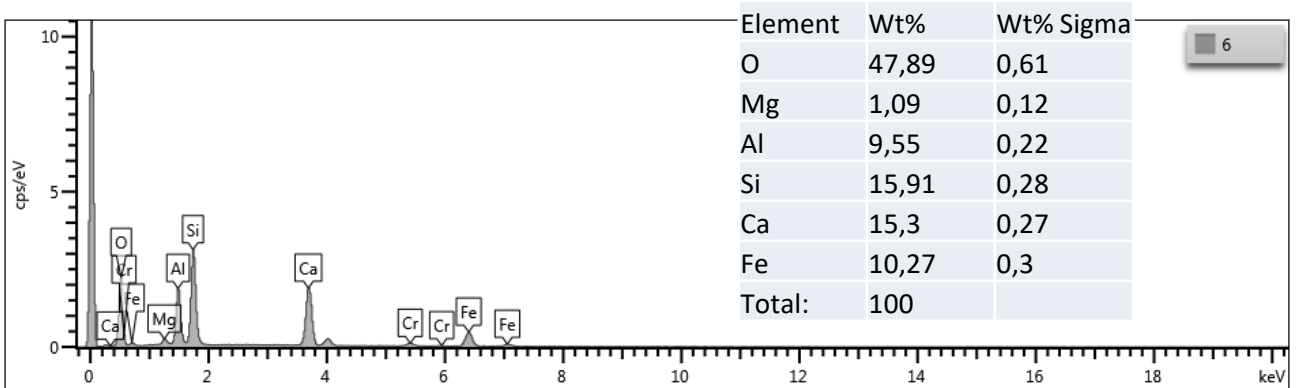
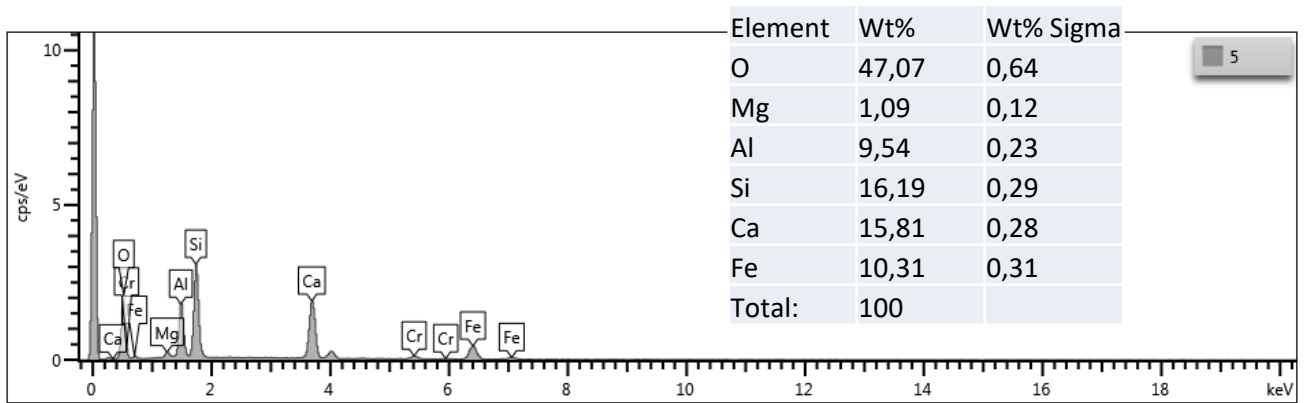
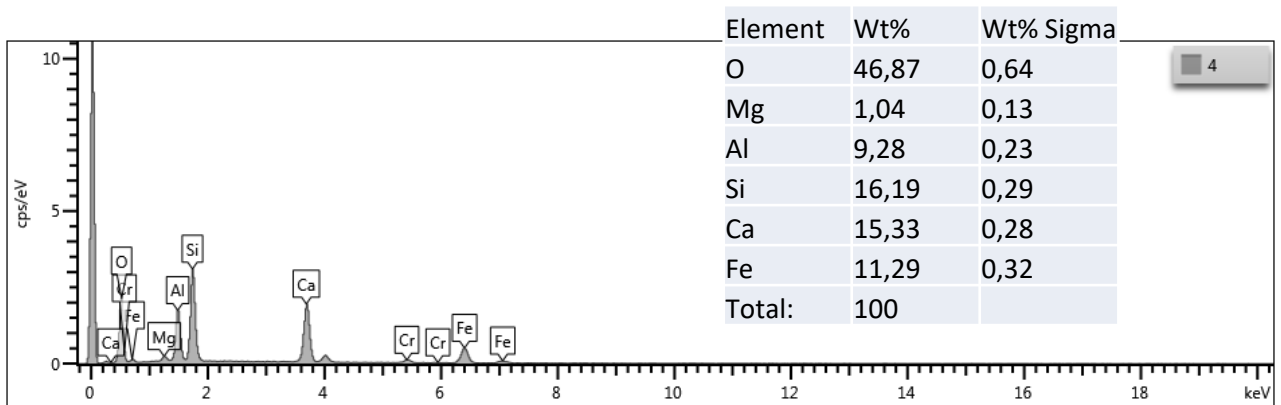
# Amostra PB 16 (Detalhe 2 - PONTOS)

PB16\_2



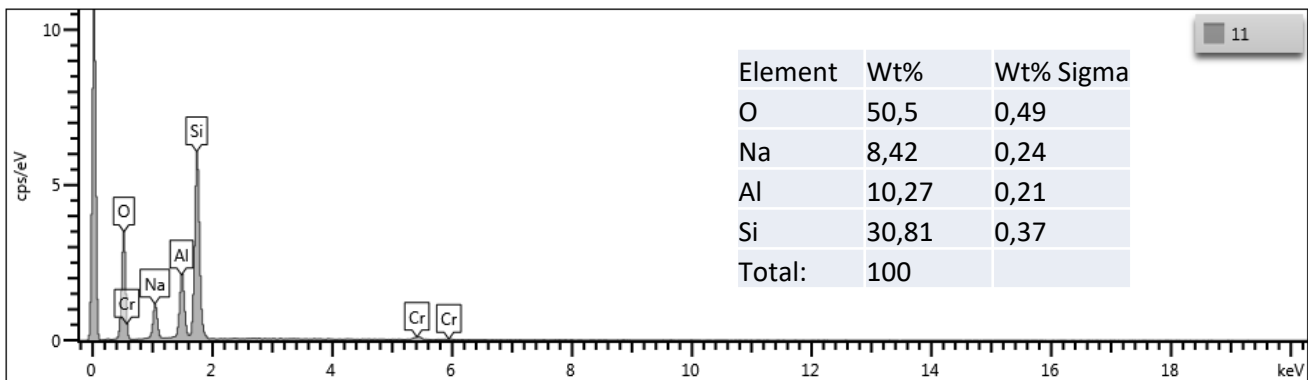
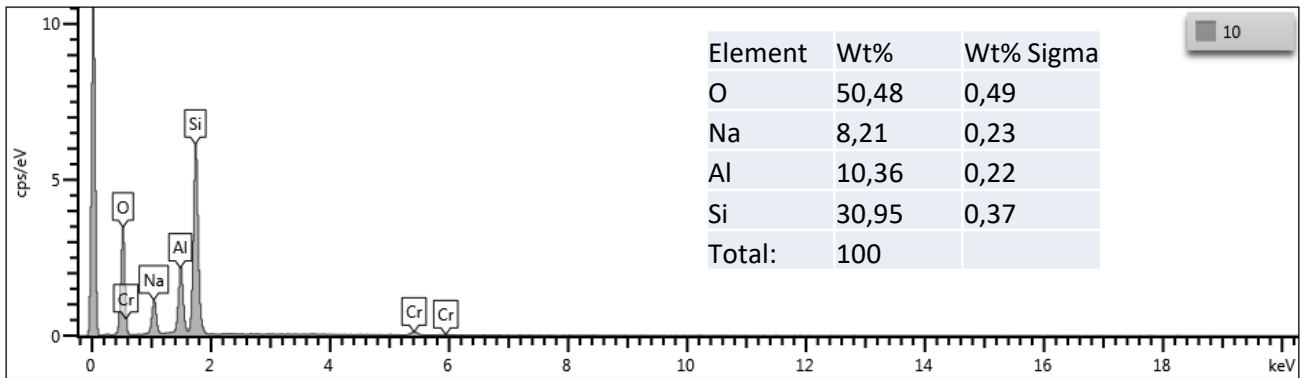
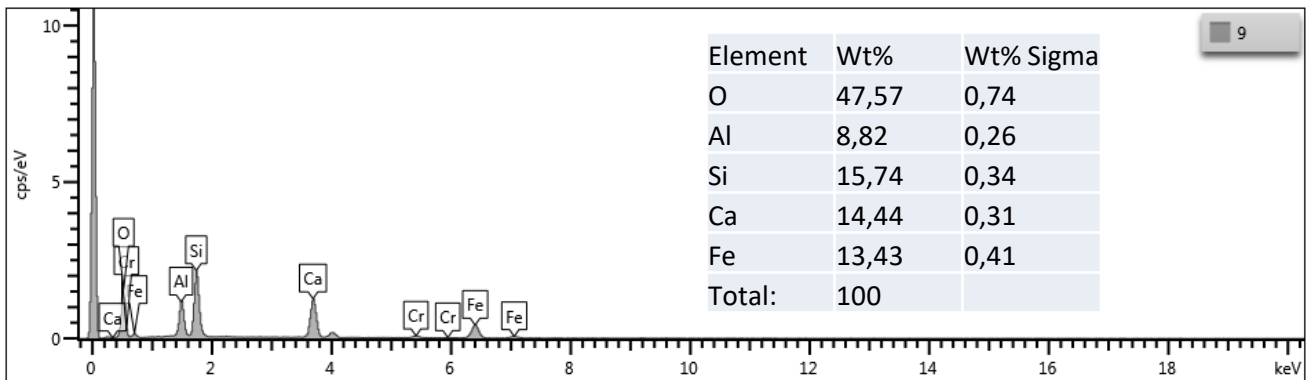
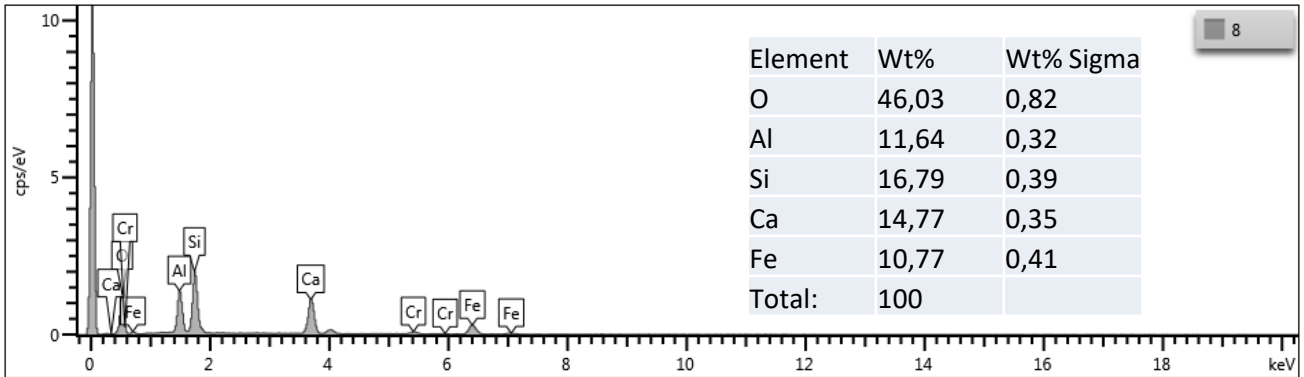
# Amostra PB 16

## (Detalhe 2 - PONTOS)

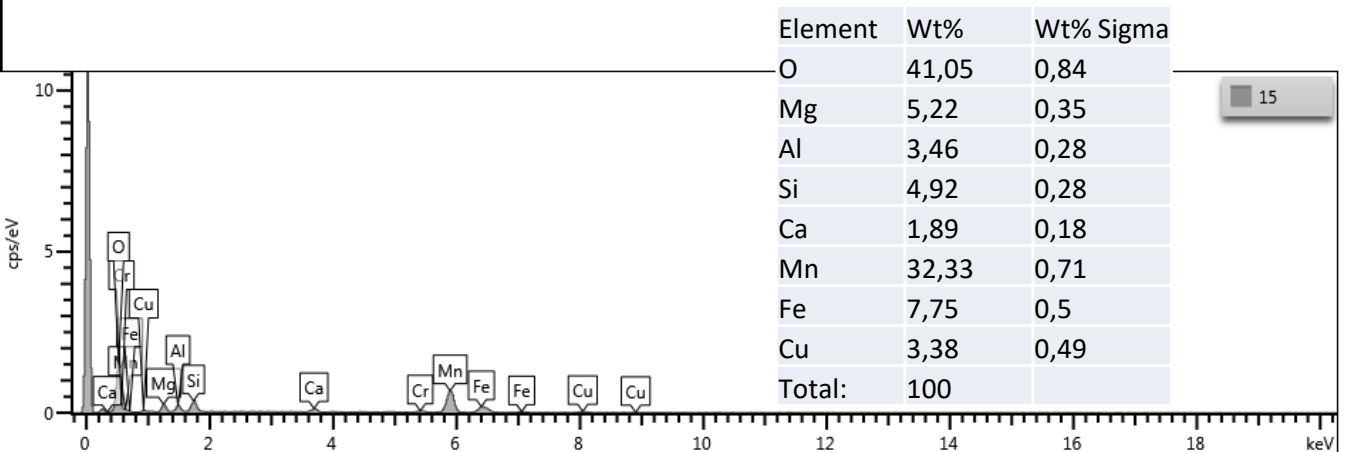
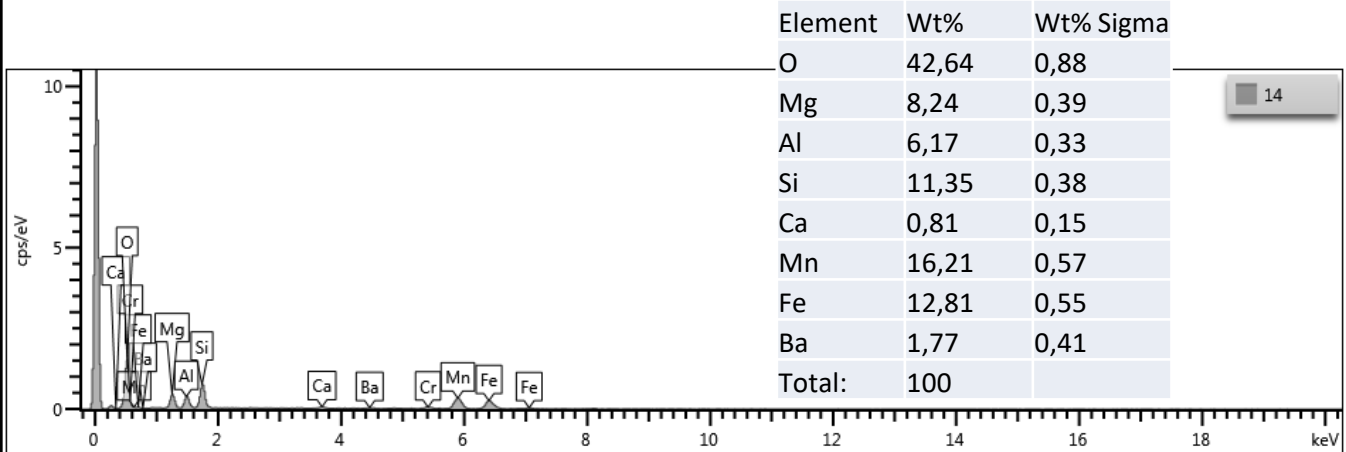
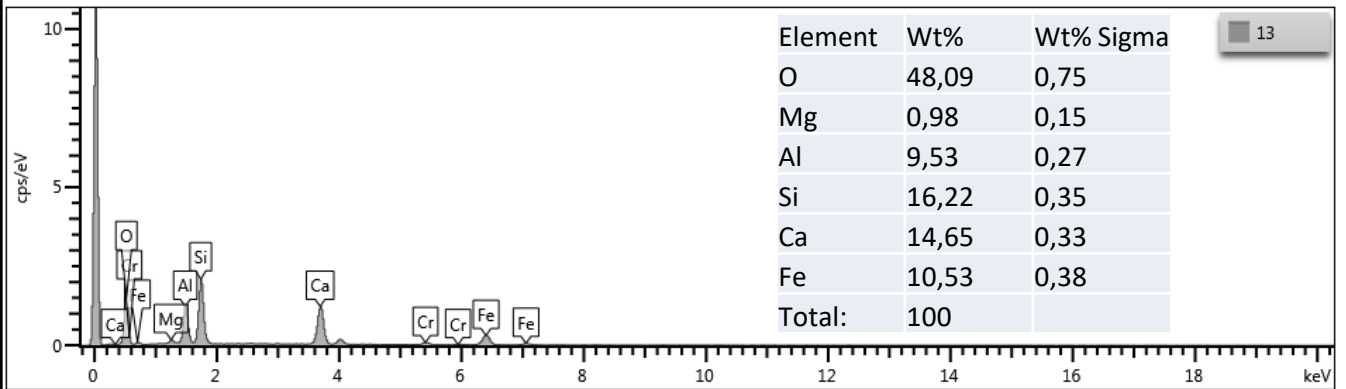
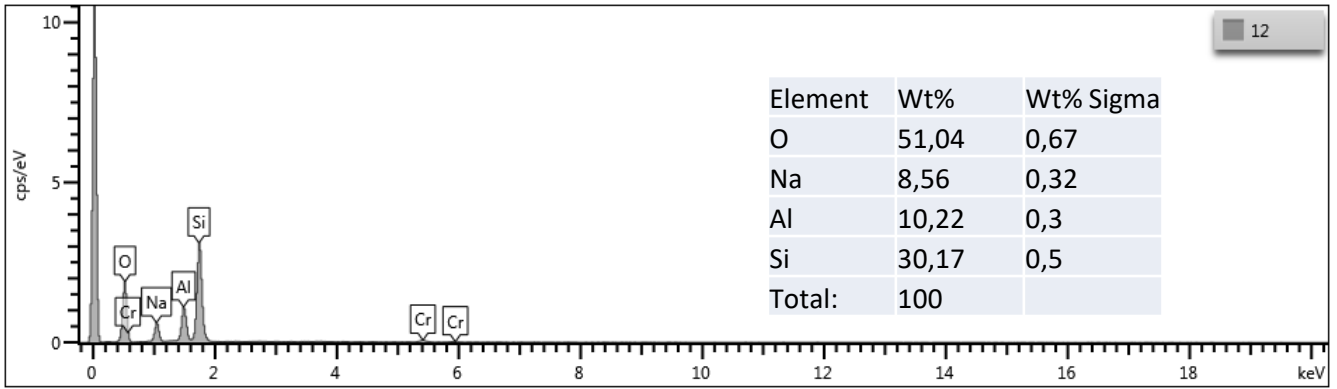




# Amostra PB 16 (Detalhe 2 - PONTOS)

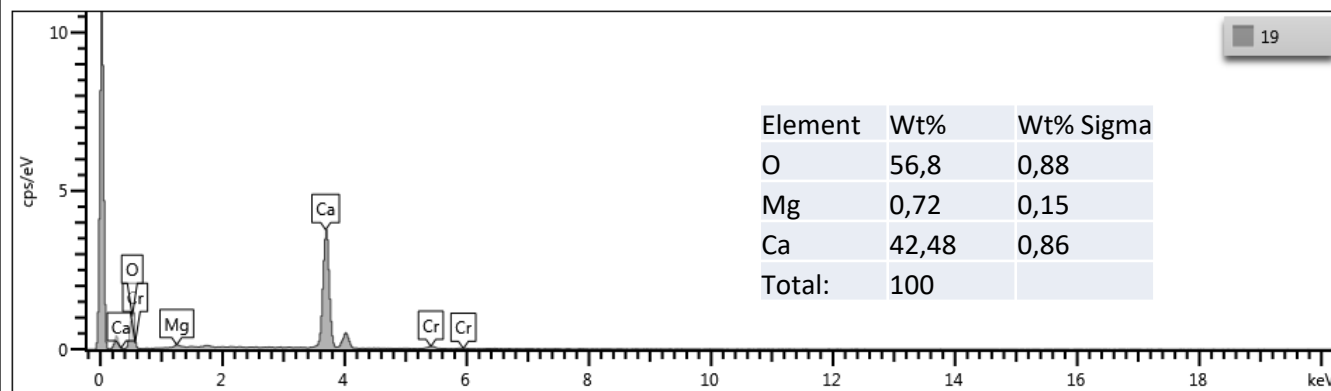
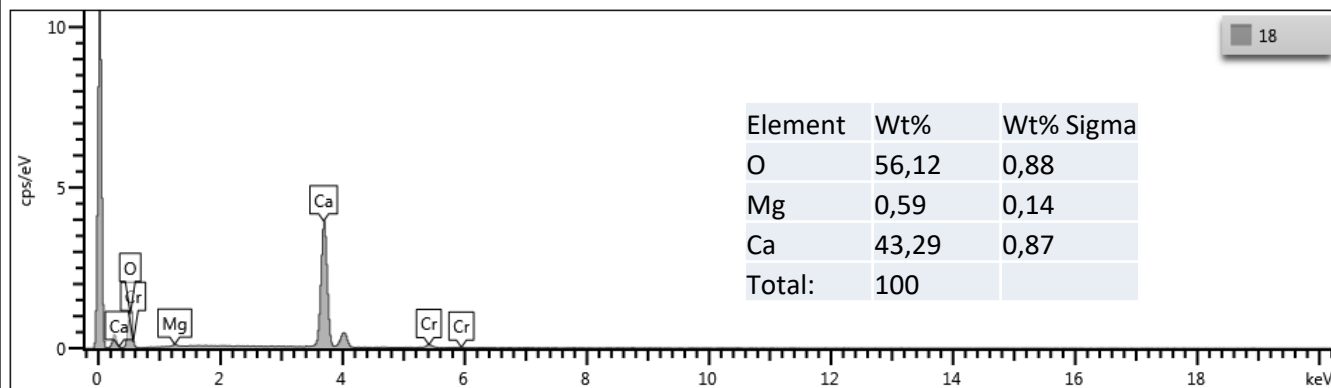
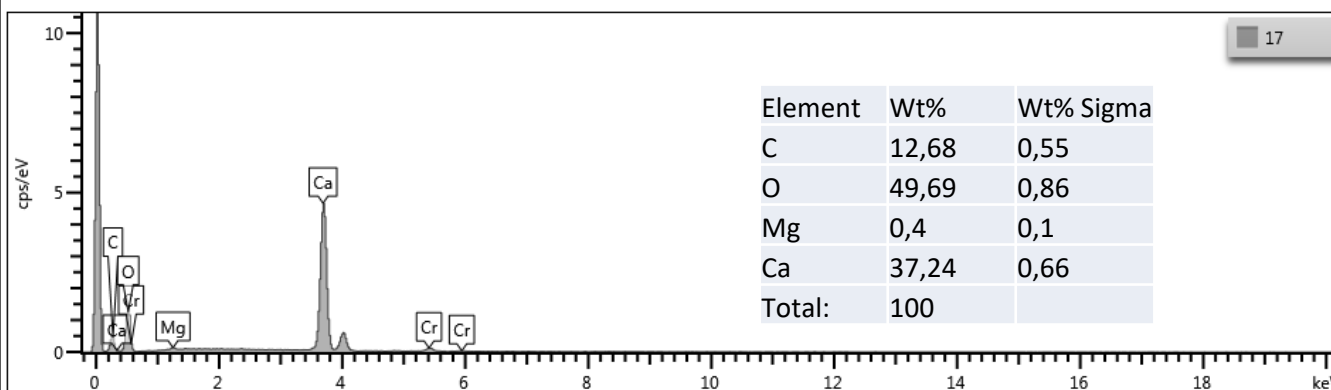
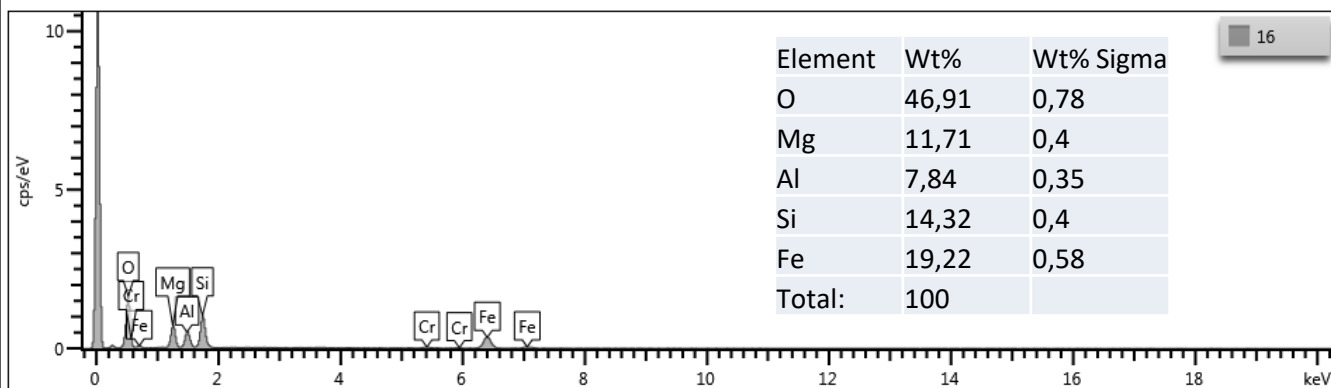


# Amostra PB 16 (Detalhe 2 - PONTOS)



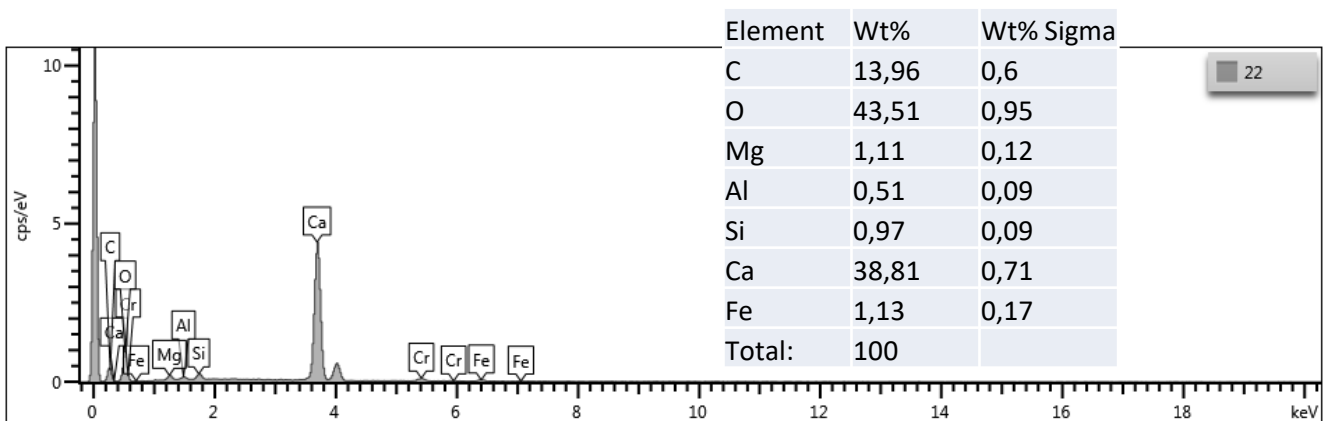
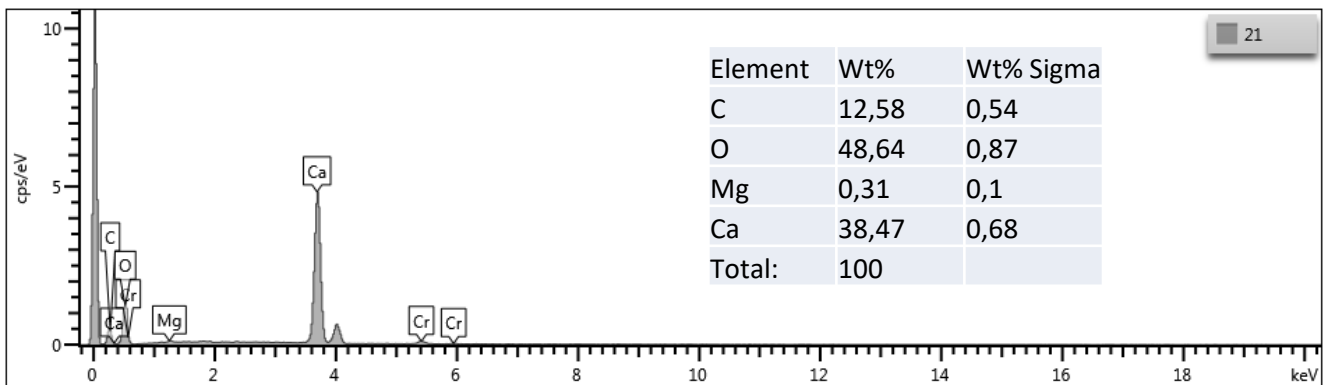
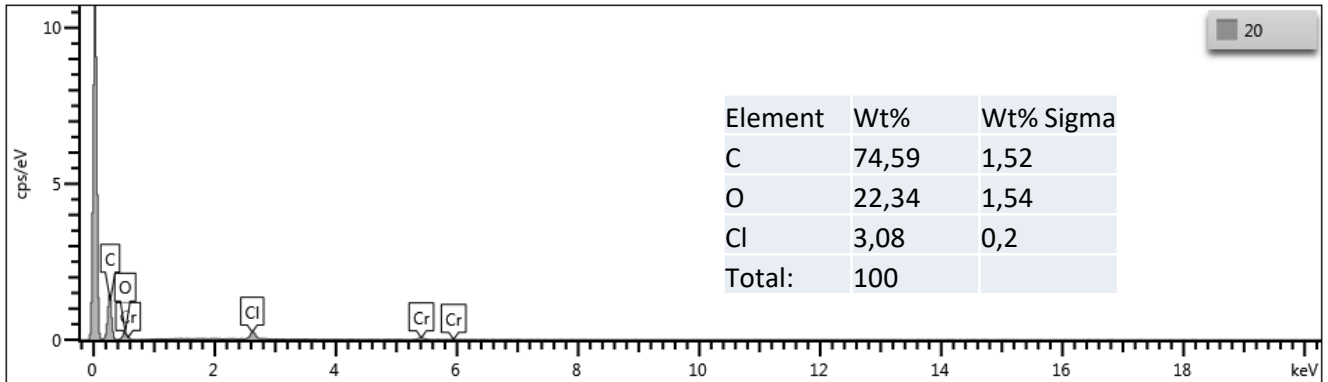
# Amostra PB 16

## (Detalhe 2 - PONTOS)



# Amostra PB 16

## (Detalhe 2 - PONTOS)



## LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

---

## 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 Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego 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 Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Baciado 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, Caracaraí, 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, 2010.

### 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/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
-

Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997  
Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.  
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.  
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.  
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.  
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.  
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.  
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.  
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.  
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.  
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.  
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.  
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.  
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.  
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.  
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.  
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.  
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.  
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.  
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.  
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.  
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.  
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.  
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.  
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.  
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.  
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.  
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.  
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.  
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.  
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.  
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.  
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.  
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.  
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.  
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.  
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.  
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.  
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.  
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.  
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.  
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.  
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.  
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.  
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.  
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.  
Nº 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 Apiaú - Roraima, 1999.  
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.  
Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.  
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.  
Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - 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 Serro - 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 Manairá 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/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava 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/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-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 do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 – Investigação de Anomalias Geofísicas no 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
- Nº 28 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus – Boa Vista, Manaus, 2022

## **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 Itapuã - 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 Maú - 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 Iruí-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. Nº  
34 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário de Aveiro, 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 Zeolitas 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 Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, 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 Touros, 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 Quartzos Industriais 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 granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.
- Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Ouro-lândia-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  
Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

### **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 – Projeto BANEIO – 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 BANEIO – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas 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 Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.  
Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zinífero 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 Cobre e Associados, 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 Pannels”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.  
Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral: ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (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 Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama 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 Juruena–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 Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.  
Nº 26 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton 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 sequências 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 Sequências 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 Cinzento, 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

Nº 36- Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022

Nº 37 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

### **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 do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

Nº 05 – Projeto Avaliação do 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 Borborema, 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



# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## INFORME DE RECURSOS MINERAIS

### Série Insumos Minerais para Agricultura, nº 28

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AGROMINERAL DO BRASIL: EIXO MANAUS - BOA VISTA

O produto Informe de Recurso 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 podem ser apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Nesse sentido, o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) desenvolve o Projeto Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil, que tem como objetivo o mapeamento e a caracterização de fontes de minerais e rochas para emprego nas técnicas de remineralização e/ou condicionamento de solos, com ênfase em materiais disponíveis em pilhas de descartes de mineração.

O presente informe apresenta os resultados do estudo realizado no eixo Manaus – Boa Vista. A execução do trabalho teve como base as seguintes informações: levantamento de dados pré-existentes; estudos de informações geológicas das unidades de interesse agromineral (UIAs), bem como dos materiais de descartes de mineração; fase analítica para caracterização dos materiais mais promissores, recomendados para futuros ensaios agrônômicos.

Esta publicação representa mais uma fonte de informações indispensáveis para a atração de novos investimentos no uso de remineralizadores de solo a partir de descartes mineração, fornecendo insumos não tradicionais e de baixo custo para o setor agrícola, contribuindo assim para impulsionar a economia regional e nacional.

Este Informe de Recursos Minerais e a base de dados estão disponíveis para *download* no portal: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

### Serviço Geológico do Brasil - CPRM

#### Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02,  
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

#### Superintendência de Manaus

Avenida André Araújo, 2010 - Petrópolis  
Manaus - AM - CEP: 69067-375  
Tel.: 92 2126-0301

#### Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: [ouvidoria@cprm.gov.br](mailto:ouvidoria@cprm.gov.br)

#### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: [seus@cprm.gov.br](mailto:seus@cprm.gov.br)

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)