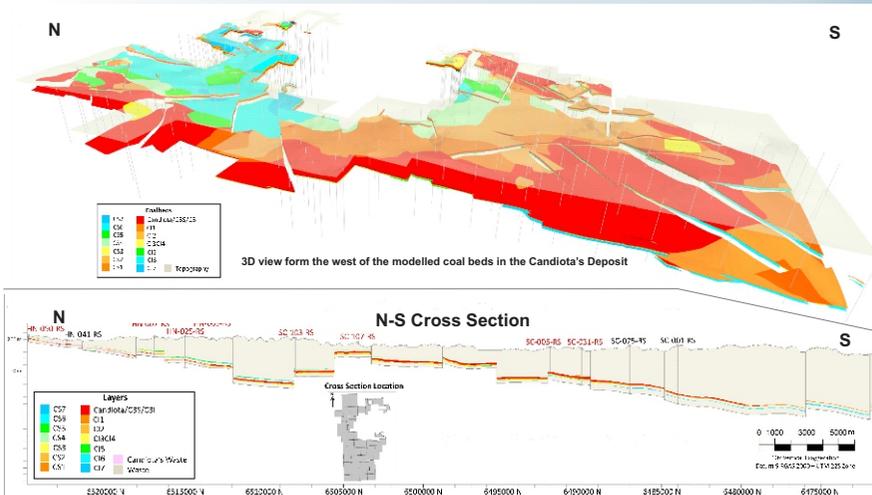
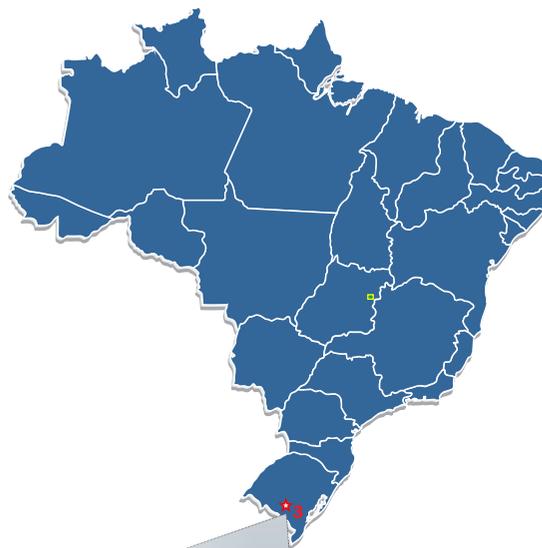




SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
CPRM

# Reavaliação do Patrimônio Mineral

## PROJETO CANDIOTA - CARVÃO -



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

**RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL**

**CANDIOTA - RIO GRANDE DO SUL**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
Fernando Bezerra de Sousa Coelho Filho  
Ministro de Estado

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
Vicente Humberto Lôbo Cruz  
Secretário

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
Eduardo Jorge Ledsham  
Diretor-Presidente

José Leonardo Silva Andriotti (interino)  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais  
Stênio Petrovich Pereira

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial  
Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento  
Nelson Victor Le Cocq D'Oliveira

Diretor de Administração e Finanças  
Marco Túlio Naves de Carvalho (interino)  
Chefe do Departamento de Geologia  
José Leonardo Silva Andriotti (interino)

Chefe do Departamento de Recursos Minerais  
Ruben Sardou Filho

Chefe da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória  
José Márcio Henriques Soares (interino)

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação  
José Márcio Henriques Soares

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Superintendência Regional de Porto Alegre  
Eduardo Camozzato

Superintendente Regional  
João Ângelo Toniolo

Gerente de Geologia e Recursos Minerais  
Alexandre Goulart

Gerente de Administração e Finanças  
Marcos Alexandre de Freitas

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial  
Ana Cláudia Viero

Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
Diretoria de Geologia e Recursos Minerais  
Departamento de Recursos Minerais  
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória  
**RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL**  
**CANDIOTA - RIO GRANDE DO SUL**

**EQUIPE TÉCNICA**  
(Executores do Informe)

Coordenação Geral  
Ruben Sardou Filho

Coordenação Técnica  
Ricardo Wosniak

**Pesquisadores em Geociências**

Expert no Depósito

Luiza L. de Araújo

Geologia

Hamilcar Tavares Vieira Júnior

Geofísica

Luiz Gustavo Pinto

**Modelagem e Estimativa de Recursos**

Luiza L. de Araújo

Eduardo Moussalle Grissolia

Banco de Dados

Luiza L. de Araújo

Beneficiamento

Hamilcar Tavares Vieira Júnior

Avaliação Econômica

Gustavo Alexandre Silva

Hamilcar Tavares Vieira Júnior

Angeval Alves de Brito

Meio Ambiente

Fabio de Lima Noronha

**Compatibilização e Revisão**

Ricardo Wosniak

Luiza L. de Araújo

Organização, Preparo e Controle da Edição Final

Lauro Gracindo Pizzatto

**COLABORADORES TÉCNICOS**

Marco Túlio Naves de Carvalho

José Leonardo Silva Andriotti

João Ângelo Toniolo

Lília Mascarenhas Sant'Agostino

Departamento de Geologia e Produção Mineral – DGPM

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM

**APOIO TÉCNICO**

Engenheiro Cartógrafo

Fabio Costa (Topografia)

**APOIO ADMINISTRATIVO**

Maria Madalena Figuerêdo de Lima

**ESTAGIÁRIOS**

Leonardo Araújo Menezes

André Luís de Andrade Rodrigues

Tarciana Pereira da Cruz

Gabriel Zamora

**REVISÃO FINAL**

Marco Túlio Naves de Carvalho

Chefe do Departamento de Geologia (interino)

**REVISÃO ORTOGRÁFICO-GRAMATICAL**

Sueli Cardoso de Araújo

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA</b> .....	<b>2</b>
2.1. Rodovias.....	2
2.2. Portos .....	3
2.3. Ferrovias.....	5
2.4. Aeroportos.....	5
2.5. Recursos Energéticos .....	6
2.6. Infraestrutura na Região de Candiota.....	8
<b>3. ASPECTOS LEGAIS</b> .....	<b>10</b>
<b>4. FISIOGRAFIA</b> .....	<b>13</b>
<b>5. CARVÃO MINERAL NO BRASIL</b> .....	<b>14</b>
5.1. Histórico do Carvão no Depósito de Candiota.....	14
5.1.1. Projeto Grande Candiota .....	15
5.1.2. Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná .....	17
5.1.3. Informe de Recursos Minerais .....	17
<b>6. GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	<b>20</b>
<b>7. GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>24</b>
<b>8. PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS</b> .....	<b>26</b>
8.1. Furos de Sondagem.....	26
8.1.1. Resgate dos perfis descritivos dos furos de sondagem .....	28
8.2. Resgate dos Resultados Analíticos.....	31
8.3. Espacialização dos Dados .....	35
8.3.1. Georreferenciamento e digitalização dos mapas .....	35
8.3.2. Topografia .....	37
8.3.3. Ajuste de coordenadas dos furos de sondagem .....	37
<b>9. MODELAGEM GEOLÓGICA</b> .....	<b>45</b>
9.1. Metodologia.....	45
9.1.1. Arquivos de entrada .....	45
9.1.2. Correlações .....	45
9.1.3. Ajustes na tabela de resultados analíticos .....	48
9.1.4. Falhas .....	50
9.1.5. Interpolação .....	51
9.2. Sólidos Gerados.....	51
9.2.1. Camada Candiota .....	55
9.2.2. Camada CI2 .....	56
9.2.3. Camada CI3CI4 .....	58

9.2.4. Camada CI1 .....	59
9.2.5. Camada CS1 .....	60
9.2.6. Camada CS2 .....	61
9.2.7. Demais camadas superiores .....	63
9.2.8. Demais camadas inferiores .....	64
<b>10. ESTIMATIVA DE RECURSOS .....</b>	<b>67</b>
10.1. Modelo de Blocos .....	67
10.2. Metodologia de Estimativa dos Parâmetros de Qualidade .....	67
10.3. Parametrização .....	68
10.3.1. Espessura da camada de carvão .....	68
10.3.2. Capeamento .....	73
10.3.3. Relação estéril/minério .....	77
10.3.4. Mapas dos parâmetros de qualidade do carvão .....	81
10.3.4.1. Porção Sul – Camada Candiota .....	81
10.3.4.2. Porção Norte – Camadas CBS e CBI .....	85
10.4. Classificação de Recursos .....	89
10.5. Validação das Estimativas .....	89
<b>11. LAVRA E BENEFICIAMENTO .....</b>	<b>92</b>
11.1. Lavra .....	92
11.1.1. Métodos de lavra .....	92
11.1.1.1. Lavra a céu aberto .....	92
11.1.1.2. Lavra Subterrânea .....	94
11.1.2. Lavra de carvão em Candiota .....	95
11.2. Beneficiamento .....	96
11.2.1. Ensaios densimétricos – curvas de lavabilidade .....	97
11.2.1.1. Camada CS7 .....	99
11.2.1.2. Camada CS6 .....	101
11.2.1.3. Camada CS5 .....	103
11.2.1.4. Camada CS4 .....	105
11.2.1.5. Camada CS2 .....	107
11.2.1.6. Camada CS1 .....	109
11.2.1.7. Camada Candiota .....	111
11.2.1.8. Camada CBS (Candiota Banco Superior) .....	113
11.2.1.9. Camada CBI (Candiota Banco Inferior) .....	115
11.2.1.10. Camada CI1 .....	117
11.2.1.11. Camada CI2 .....	119
11.2.1.12. Camada CI3 .....	121

11.2.1.13. Camada CI4 .....	123
11.2.1.14. Camada CI3CI4 .....	125
11.2.1.15. Camada CI5 .....	127
11.2.1.16. Camada CI6 .....	129
11.2.1.17. Camadas agrupadas .....	130
11.2.2. Considerações preliminares .....	133
12. ANÁLISE ECONÔMICA .....	135
12.1. Aspectos Mercadológicos do Carvão .....	135
12.1.1. Panorama mundial .....	135
12.1.2. Panorama nacional .....	140
12.1.3. Estrutura produtiva .....	143
12.2. Roadmap Tecnológico para Produção, Uso Limpo e Eficiente do Carvão Mineral Nacional .....	144
13. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL .....	149
13.1. Introdução .....	149
13.2. Contexto Socioambiental .....	150
13.3. Unidades de Conservação .....	153
13.4. Áreas de Preservação Permanente .....	156
13.5. Potencial para Sítios Arqueológicos e Paleontológicos .....	162
13.6. Áreas de Regularização Fundiária (Assentamentos) .....	164
13.7. Áreas Indígenas e Quilombolas .....	167
14. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES .....	169
15. REFERÊNCIAS .....	172

**LISTA DE FIGURAS**

1 –	Mapa de localização das áreas da CPRM no depósito de Candiota	2
2 –	Principais eixos rodoviários do estado do Rio Grande do Sul	3
3 –	Redes modais de transporte do estado do Rio Grande do Sul	4
4 –	Malha ferroviária do estado do Rio Grande do Sul	5
5 –	Mapa de localização das usinas geradoras de energia em operação no Rio Grande do Sul	7
6 –	Principais distribuidoras de energia elétrica no Rio Grande do Sul	8
7 –	Infraestrutura na região carbonífera de Candiota	9
8 –	Áreas de pesquisa da CPRM no depósito de Candiota	12
9 –	Mapa de localização dos blocos de pesquisa do projeto Grande Candiota	15
10 –	Alvarás de pesquisa atuais da CPRM agrupados por blocos ou áreas em que foram reportados	16
11 –	Unidades mineiras do depósito de Candiota reportadas no Informe de Recursos Minerais	18
12 –	Distribuição das supersequências que constituem a bacia do Paraná no Brasil	20
13 –	Carta estratigráfica da bacia do Paraná	22
14 –	Seção esquemática da bacia do Paraná, apresentando as unidades litoestratigráficas e a compartimentação estrutural	23
15 –	Localização dos principais depósitos de carvão mineral do sul do Brasil	24
16 –	Exemplo do cabeçalho do perfil descritivo do furo de sondagem	28
17 –	Exemplo de descrição do furo em escala 1:500.000	29
18 –	Exemplo de descrição do furo em escala 1:100.000	29
19 –	Exemplo de descrição das camadas de carvão em escala 1:20.000	30
20 –	Exemplo de tabela que resume as informações das camadas de carvão nos furos	31
21 –	Certificados dos ensaios de afunda-flutua, peso específico e FSI emitidos pelos laboratórios Lavador de Capivari, de Análises e Ensaios de Carvão (LAEC) e de Análises Minerais (LAMIN)	32
22 –	Estruturas digitalizadas a partir dos mapas de contorno estrutural dos relatórios finais de pesquisa	36
23 –	Seção vertical gerada no Strata 3D, exibindo a correlação dos estratos entre os furos de sondagem SC-115-RS, SC-106-RS e SC-108-RS. A – Os furos nessa seção estão nivelados pela cota em relação ao nível do mar. B – Os furos nessa seção estão nivelados pela camada de carvão Candiota	46
24 –	Exemplos de logs com a camada Candiota. A – Furo BC-012-RS, no qual a	47

	camada Candiota foi descrita como uma camada. B – Furo BC-011-RS, no qual a camada Candiota foi descrita em dois bancos separados: CBS e CBI	
25 –	Mapa da região do projeto Candiota, com as falhas interpretadas para a modelagem 3D	50
26 –	Mapa de isocobertura sobre a camada Candiota	52
27 –	Na parte superior da figura, a vista de oeste para leste do modelo em 3D; na parte inferior, a seção vertical N-S do modelo de Candiota	53
28 –	Seções verticais N70E e N45E do depósito de Candiota	54
29 –	Distribuição da camada Candiota (inteira), CBS e CBI, no depósito de Candiota	56
30 –	Distribuição da camada CI2 no depósito de Candiota	57
31 –	Distribuição da camada CI3CI4 no depósito de Candiota	58
32 –	Distribuição da camada CI1 no depósito de Candiota	59
33 –	Distribuição da camada CS1 no depósito de Candiota	60
34 –	Distribuição da camada CS2 no depósito de Candiota	61
35 –	Distribuição das camadas superiores CS3 a CS7 no depósito de Candiota	63
36 –	Distribuição das camadas inferiores CI5 a CI7 no depósito de Candiota	65
37 –	Mapa de isoespessuras da camada Candiota no depósito de Candiota	69
38 –	Mapas de isoespessuras das camadas CBI, CBS e estéril intermediário da camada Candiota no depósito de Candiota	70
39 –	Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada de carvão Candiota (A), CBS (B) e CBI (C) (os valores em vermelho representam a porcentagem dos recursos dessas camadas por faixa de espessura)	71
40 –	Modelo de blocos das camadas Candiota e CBI no depósito de Candiota parametrizado por capeamento	74
41 –	Parametrização por capeamento dos recursos das camadas Candiota (A) e CBI (B) (os valores em vermelho representam a porcentagem dos recursos dessas camadas por faixa de cobertura; o eixo vertical da direita está em escala logarítmica para melhor visualização dos dados)	75
42 –	Modelo de blocos das camadas Candiota e CBI parametrizados pela relação estéril/minério, considerando as camadas a partir da Candiota, na porção sul, e CBI, na porção norte (as áreas dos blocos prioritários estão destacadas na cor rosa)	78
43 –	Recursos dos cinco blocos prioritários parametrizados por REM (os valores em vermelho são a porcentagem dos recursos da camada Candiota e das camadas superiores por faixa de relação estéril/minério)	79
44 –	Mapa e histograma com a distribuição do teor de cinzas do carvão da camada Candiota no depósito de Candiota	82

45 –	Mapa e histograma com a distribuição do teor de enxofre do carvão da camada Candiota no depósito de Candiota	83
46 –	Mapa e histograma com a distribuição do poder calorífico do carvão da camada Candiota no depósito de Candiota	84
47 –	Mapas e histogramas com a distribuição do teor de cinzas do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota	86
48 –	Mapas e histogramas com a distribuição do teor de enxofre do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota	87
49 –	Mapas e histogramas com a distribuição do poder calorífico do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota	88
50 –	Gráfico comparativo entre a espessura das camadas de carvão das amostras e do modelo de blocos do depósito de Candiota	90
51 –	Gráficos comparativos entre os parâmetros (teor de cinzas, enxofre e poder calorífico) das amostras e os parâmetros estimados nos modelos de blocos das camadas Candiota, CBS e CBI	91
52 –	Bloco-diagrama. 1 – decapeamento (perfuração/explosão); 2 – retirada do estéril; 3 – material estéril depositado; 4 – minério; 5 – pilha de carregamento do minério	93
53 –	Ilustração do método de lavra <i>dragline stripping</i>	93
54 –	Lavra em bancadas; mineração de carvão (China).	94
55 –	Método de câmara e pilares adotado pela Carbonífera Metropolitana S/A	95
56 –	Método <i>longwall mining</i> na lavra de carvão	95
57 –	Curva média densimétrica (camada CS7)	99
58 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS7)	99
59 –	Curva média NGM (camada CS7)	100
60 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS7)	100
61 –	Curva média densimétrica (camada CS6)	101
62 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS6)	101
63 –	Curva média NGM (camada CS6)	102
64 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS6)	102
65 –	Curva média densimétrica (camada CS5)	103
66 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS5)	103
67 –	Curva média NGM (camada CS5)	104
68 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS5)	104
69 –	Curva média densimétrica (camada CS4)	105
70 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS4)	105

71 –	Curva média NGM (camada CS4)	106
72 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS4)	106
73 –	Curva média densimétrica (camada CS2)	107
74 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS2)	107
75 –	Curva média NGM (camada CS2)	108
76 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS2)	108
77 –	Curva média densimétrica (camada CS1)	109
78 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS1)	109
79 –	Curva média NGM (camada CS1)	110
80 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CS1)	110
81 –	Curva média densimétrica (camada Candiota)	111
82 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada Candiota)	111
83 –	Curva média NGM (camada Candiota)	112
84 –	Curva média de enxofre acumulado (camada Candiota)	112
85 –	Curva média densimétrica (camada CBS)	113
86 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CBS)	113
87 –	Curva média NGM (camada CBS)	114
88 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CBS)	114
89 –	Curva média densimétrica (camada CBI)	115
90 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CBI)	115
91 –	Curva média NGM (camada CBI)	116
92 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CBI)	116
93 –	Curva média densimétrica (camada CI1)	117
94 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI1)	117
95 –	Curva média NGM (camada CI1)	118
96 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CI1)	118
97 –	Curva média densimétrica (camada CI2)	119
98 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI2)	119
99 –	Curva média NGM (camada CI2)	120
100 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CI2)	120
101 –	Curva média densimétrica (camada CI3)	121
102 –	Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI3)	121
103 –	Curva média NGM (camada CI3)	122
104 –	Curva média de enxofre acumulado (camada CI3)	122

105 – Curva média densimétrica (camada CI4)	123
106 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI4)	123
107 – Curva média NGM (camada CI4)	124
108 – Curva média de enxofre acumulado (camada CI4)	124
109 – Curva média densimétrica (camada CI3CI4)	125
110 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI3CI4)	125
111 – Curva média NGM (camada CI3CI4)	126
112 – Curva média de enxofre acumulado (camada CI3CI4)	126
113 – Curva média densimétrica (camada CI5)	127
114 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI5)	127
115 – Curva média NGM (camada CI5)	128
116 – Curva média de enxofre acumulado (camada CI5)	128
117 – Curva média densimétrica (camada CI6)	129
118 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI6)	129
119 – Curva média NGM (camada CI6)	130
120 – Curva média de enxofre acumulado (camada CI6)	130
121 – Curvas médias densimétricas das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6	131
122 – Curvas médias de recuperação mássica das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6	131
123 – Curvas médias de NGM das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6	132
124 – Curvas médias de enxofre acumulado das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6	133
125 – Estimativa das fontes antrópicas de emissão de gases de efeito estufa	136
126 – Evolução da produção de carvão mineral (Mt) de 1981 a 2015 por região	136
127 – Produção de carvão dos cinco maiores produtores	137
128 – Quadro e gráfico de linhas com a variação dos preços internacionais (dólares americanos por tonelada) do carvão mineral entre os anos de 1990 a 2015	139
129 – Projeção mundial das fontes de geração de energia elétrica de 2014 até 2040	140
130 – Recursos energéticos brasileiros	140
131 – Matriz de energia elétrica brasileira, com a distribuição percentual da potência instalada por fonte	142
132 – Cadeia produtiva do carvão mineral	143
133 – Localização das áreas analisadas	150

134 –	Atividade de pecuária bovina extensiva. DNPM nº 810.455/1979 – Bloco Seival II	151
135 –	Atividade de criação de ovinos. DNPM nº 810.458/1979 – Bloco Seival II	152
136 –	Irrigação em lavoura de arroz. DNPM nº 810.454/1979 – Bloco Seival II	152
137 –	No primeiro plano, solo marcado pelo uso como campo de pastagem; ao fundo, atividade de silvicultura. DNPM nº 810.456/1979 – Bloco Seival II	152
138 –	Localização das áreas de alvarás de pesquisa da CPRM em relação às UCs próximas	155
139 –	Trecho do arroio dos Vimes apresentando APP pouco preservada. DNPM nº 810.031/1984 – Bloco Arroio dos Vimes	157
140 –	As setas destacam as áreas de nascentes em cabeceira de drenagem inteiramente ocupada pela atividade de pecuária. DNPM nº 810.455/1979 – Bloco Seival II	158
141 –	Detalhe de açude construído por meio de represamento de curso d'água natural. DNPM nº 810.031/1984 – Bloco Arroio dos Vimes	158
142 –	Banhado associado à planície de afluente do arroio Caiena; ao fundo, vegetação arbórea no entorno do banhado, caracterizada por espécies exóticas (silvicultura). DNPM nº 802355/1975 – Bloco Passo da Conceição	159
143 –	APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Arroio Pitangueira/Passo da Conceição	159
144 –	APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Estância da Glória	160
145 –	APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Seival II	160
146 –	APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Arroio dos Vimes	161
147 –	APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Hulha Negra	161
148 –	Potencial paleontológico nas áreas da CPRM e as ocorrências já cadastradas	163
149 –	Localização de projetos de assentamento agrário e polígonos de pesquisa da CPRM afetados	166
150 –	Localização dos polígonos de pesquisa da CPRM frente aos municípios que apresentam registro de assentamentos quilombolas	168

**LISTA DE QUADROS**

1 –	Malha hidroviária do estado do Rio Grande do Sul	4
2 –	Principais operadores de energia elétrica em geração e potência no Rio Grande do Sul em 2014	7
3 –	Sumário dos aspectos legais das áreas pertencentes à CPRM no depósito de Candiota	11
4 –	Furos selecionados para a modelagem do depósito de Candiota	27
5 –	Forma de apresentação das informações contidas nos perfis descritivos	30
6 –	Descrição das colunas da tabela Assay	34
7 –	Ordem estratigráfica das camadas de carvão interpretadas e correlacionadas no depósito de Candiota	48
8 –	Distribuição da quantidade de análises por camada de carvão	48
9 –	Distribuição da quantidade de análises por camada de carvão (camadas modeladas e camadas analisadas)	49
10 –	Áreas de abrangência das camadas de carvão no depósito de Candiota	51
11 –	Camadas de carvão identificadas e correlacionadas na modelagem geológica	97
12 –	Projeção dos teores de cinzas para 90% de rendimento	132
13 –	Aplicabilidade de processos de separação densimétrica	133
14 –	Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na carboquímica	146
15 –	Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na siderurgia	147
16 –	Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na geração termelétrica	148
17 –	Áreas em que se inserem alvarás de pesquisa para carvão da CPRM na região de Candiota (RS)	149
18 –	Projetos de assentamento agrário e processos de pesquisa da CPRM afetados	164
19 –	Comunidades quilombolas registradas nos municípios do depósito de Candiota	167

**LISTA DE TABELAS**

1 –	Recursos geológicos inferidos do depósito de carvão de Candiota	III
2 –	Recursos <i>in situ</i> dos cinco blocos prioritários do depósito de carvão de Candiota	III
3 –	Movimento dos principais aeroportos do Rio Grande do Sul em 2012	6
4 –	Usinas em operação, construção e outorgadas no Rio Grande do Sul	6
5 –	Recursos totais de carvão dentro das áreas ainda pertencentes à CPRM, reportados nos relatórios finais de pesquisa do projeto Grande Candiota	16
6 –	Recursos do depósito de Candiota reportados no projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná	17
7 –	Recursos nas unidades mineiras do depósito de Candiota	19
8 –	Faixas densimétricas das análises realizadas nas amostras dos furos selecionados para a modelagem	33
9 –	Coordenadas originais (CoordX, CoordY e Cota) e validadas (XCOLLAR, YCOLLAR e ZCOLLAR) dos furos utilizados no modelo de Candiota	37
10 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada Candiota, CBS e CBI	56
11 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CI2	57
12 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CI3CI4	59
13 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CI1	60
14 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CS1	61
15 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CS2	62
16 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras das camadas superiores CS3 a CS7	64
17 –	Sumário estatístico das principais variáveis das amostras das camadas inferiores CI5 a CI7	66
18 –	Parâmetros estabelecidos para os modelos de blocos do depósito de Candiota	67
19 –	Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada Candiota	72
20 –	Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura	72

	da camada CBS	
21 –	Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada CBI	72
22 –	Parametrização por capeamento dos recursos da camada Candiota do depósito de Candiota	76
23 –	Parametrização por capeamento dos recursos da camada CBI do depósito de Candiota	76
24 –	Parametrização dos recursos pela relação estéril/minério por bloco prioritário	80
25 –	Recursos <i>in situ</i> totais das camadas de carvão do depósito de Candiota	89
26 –	Valor médio de teores de cinzas, enxofre e poder calorífico por camada de carvão ROM	98
27 –	Reservas totais provadas até o final de 2015	135
28 –	Produção de carvão mineral ( $10^6$ t) dos principais países entre 2012 e 2015	137
29 –	Distribuição da produção mundial de carvão mineral	138
30 –	Maiores países exportadores e importadores de carvão entre os anos de 2013 e 2015	138
31 –	Reservas minerais de carvão do Brasil	141
32 –	Principais estatísticas do carvão mineral no Brasil	141
33 –	Produção ( $\times 10^3$ t) vendável das principais empresas de mineração de carvão no Brasil	144
34 –	Mão de obra e arrecadação tributária do setor carvoeiro	144
35 –	Recursos inferidos <i>in situ</i> nos blocos prioritários	170

## SUMÁRIO

O Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral tem como objetivo resgatar e reavaliar dados e informações geológicas, geoquímicas e geofísicas geradas pela CPRM entre as décadas de 1970 e 1990, que constituem o patrimônio mineral da empresa, validando-os, organizando-os em um sistema de banco de dados e integrando-os e reinterpretando-os à luz do conhecimento geológico atual.

Esses dados, tanto quanto possível, foram resgatados, integrados e modelados conforme preconizado no Código JORC (Joint Ore Reserves Committee), edição de 2012, procurando-se, ao final, definir uma nova cubagem para os depósitos e classificação de recursos.

Este estudo deverá servir de parâmetro para realização de avaliações econômicas em nível conceitual que permitam estimar o valor do ativo mineral e a melhor forma de atuação da CPRM em futuras licitações.

A CPRM detém diversos alvarás de pesquisa em grande parte dos depósitos de carvão mineral brasileiros, cuja síntese do conhecimento geológico está contida em relatórios de pesquisa para carvão entregues ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

O depósito de carvão de Candiota reveste-se de importância especial por ser já alvo de exploração pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM) e sua produção de carvão ser utilizada para alimentar a Usina Termelétrica Presidente Médici da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica – Eletrobrás CGTEE desde a década de 1960.

### Localização e Acesso

A Região Carbonífera de Candiota, localizada no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, dista cerca de 380 km de Porto Alegre e contempla os municípios de Candiota, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá. Os alvarás de pesquisa da CPRM abrangem a maior parte da extensão do depósito. A cidade mais próxima de todos os blocos é Candiota, adjacente à mina de carvão da CRM, que se encontra na porção centro-leste do depósito.

### Infraestrutura e Logística

No passado, operou na região também a mina Seival, da Companhia Nacional de Mineração Candiota (CNMC), que hoje se encontra desativada. Porém, desde o final de 2015, está em fase de reimplantação pela Seival Sul Mineração (uma controlada do Grupo Copelmi), visando a fornecer minério para alimentar uma nova usina termoelétrica da Tractebel (em construção).

A proximidade das áreas da CPRM a esses empreendimentos mineiros e energéticos deixa o Projeto Candiota em posição altamente favorável quanto à disponibilidade de infraestrutura básica necessária para implementação de futuro empreendimento minerário. A região dispõe de mão de obra qualificada, energia elétrica, água subterrânea, meios de comunicação, sistema bancário, hospitais e eficiente sistema de transporte rodoviário, aéreo e portuário.

### Situação Legal dos Processos Minerários

O Projeto Candiota da CPRM é constituído por 56 alvarás de pesquisa com relatórios finais de pesquisa aprovados pelo DNPM, totalizando 98.875,76 ha. Todos os relatórios finais de pesquisa foram devidamente apresentados pela CPRM e aprovados pelo DNPM entre 1982 e 1988.

O Projeto Candiota da CPRM é constituído por 56 alvarás de pesquisa, totalizando 98.875,76 ha. Todos os relatórios finais de pesquisa foram devidamente apresentados pela CPRM e aprovados pelo DNPM entre 1982 e 1988.

### **Geologia**

O depósito de Candiota estende-se por uma área de aproximadamente 2.000 km<sup>2</sup>. São conhecidas 23 camadas de carvão, sendo a de maior importância a camada Candiota, composta por dois bancos de carvão (CBS-Superior e CBI-Inferior), separados por um leito de siltito. As camadas de carvão estratigraficamente acima desta são denominadas Candiota Superior 1 a Candiota Superior 9 e as inferiores, Candiota Inferior 1 a Candiota Inferior 9, além de quatro camadas intermediárias sem denominação específica (SD). Destaca-se que o depósito de Candiota não apresenta intrusões de diabásio.

A sequência sedimentar mergulha suavemente para SW, com valores que oscilam de 1 a 3°, com pequenas variações locais. A disposição das camadas de carvão é bastante controlada pela compartimentação estrutural da região, caracterizada por falhas normais e inversas com alto ângulo e direções NE-SW e SE-NW.

### **Trabalhos Anteriores**

Na região de Candiota são conhecidas ocorrências de carvão desde o final do século XIX. A crise do petróleo, desencadeada na década de 1970 pelo aumento do preço internacional do produto, levou o governo brasileiro a criar o Plano de Mobilização Energética (PME), com intensa pesquisa para descobrir reservas de carvão. Nesse programa, foi executada grande quantidade de mapas, sondagens e levantamentos geofísicos em diversas áreas da Bacia do Paraná, inclusive no depósito de Candiota.

A CPRM teve papel de destaque nesse programa, que, por meio de diversos projetos realizados entre o início da década de 1970 e meados da década de 1980, aumentou consideravelmente as reservas de carvão mineral até então conhecidas.

Dos diversos furos de sondagem existentes na região, foram selecionados para o presente trabalho aqueles inseridos nas áreas da CPRM e os adjacentes a estas, totalizando 323 furos (40.034,63 m).

### **Recursos Minerais**

O modelo do depósito de Candiota nas áreas da CPRM compreende 16 camadas de carvão. As camadas mais expressivas em relação à área de abrangência e volume, além da própria Candiota (CBS e CBI), são CI2, CI3CI4, CI1, CS1 e CS2. As demais camadas são pouco espessas e apresentam continuidade lateral mais restrita e menor relevância.

O total de todos os recursos de carvão in situ do depósito é de aproximadamente 11,2 bilhões de toneladas, sendo que somente a camada Candiota (CBS+CBI) é responsável por 54% desse total (Tabela 1).

**Tabela 1 – Recursos geológicos inferidos do depósito de carvão de Candiota**

Camada	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem (t)	Espessura (m)	Carvão na Camada/ Camada Total (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Cinzas (%)	Enxofre (%)	P.Cal. (cal/g)
Superiores	620.129.844	1.124.982.742	-	-	-	-	-	-
Candiota	3.041.829.504	5.416.057.558	5,33	86	1,78	52,51	1,66	3.190
CBI	144.980.750	261.773.304	0,88	85	1,81	52,05	3,36	3.007
CBS	254.400.357	450.395.354	1,97	89	1,77	50,60	2,61	3.100
Inferiores	2.196.801.707	3.973.361.399	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>6.258.142.162</b>	<b>11.226.570.357</b>	-	-	-	-	-	-

Aproximadamente 10% do total de recursos in situ de todas as camadas de carvão modeladas encontram-se sob coberturas menores ou iguais a 50 m, apresentando potencial lavrável a céu aberto.

Cinco blocos principais foram considerados prioritários na reavaliação dos recursos geológicos existentes, devido às características da jazida (baixa razão estéril/minério) e localização: Arroio Pitangueira, Estância da Glória, Seival, Arroio dos Vimes e Hulha Negra. Esses blocos somam 540 milhões de toneladas de carvão com relação estéril/minério (REM) menor do que 4 m<sup>3</sup>/t, sendo a média de 2,7 m<sup>3</sup>/t (Tabela 2).

**Tabela 2 – Recursos in situ dos cinco blocos prioritários do depósito de carvão de Candiota**

Bloco	Tonelagem / Carvão	Tonelagem Camadas Superiores	Tonelagem REM<4	REM<4 m <sup>3</sup> /t
Seival II	631.548.342	417.939.326	162.173.502	2,8
Arroio da Pitangueira	856.255.663	589.726.444	147.281.448	2,9
Estância da Glória	638.128.009	406.572.114	107.573.834	1,7
Arroio dos Vimes	697.634.610	533.554.195	117.019.185	3,3
Hulha Negra	78.714.777	73.093.903	7.372.370	2,0
<b>Total</b>	<b>2.902.281.401</b>	<b>2.020.885.982</b>	<b>541.420.339</b>	<b>2,7</b>

## Beneficiamento

Ensaio em escala de bancada de concentração gravimétrica do minério da camada Candiota, com teores (ROM) de cinzas da ordem de 52% e teores de enxofre menores que 2%, indicam recuperação mássica (rendimento) de 70%, gerando um carvão com teor de cinzas de 45% e densidade de 1,96 g/cm<sup>3</sup>. Para se atingir uma recuperação mássica de 90%, o teor de cinzas aumentaria para 50%. Por outro lado, seria possível produzir carvões com teores de cinzas abaixo de 35%, mas, conseqüentemente, a recuperação mássica final seria menor (40%).

Com base nessas características, o carvão de Candiota é classificado como Betuminoso de Alto Volátil C, não coqueificável e com possibilidade de utilização principalmente para fins energéticos, não descartando sua utilização em processos de gaseificação.

## Situação Socioambiental

A região onde se inserem as áreas da CPRM tem sua vocação minerária consolidada, haja vista configurar-se como um polo de extração de carvão e de geração de energia termoelétrica.

Levantamento socioambiental prévio realizado pela CPRM não identificou restrições ambientais que possam tornar proibitivas ações voltadas à implantação de projetos mineiros na região, sejam eles ligados a zoneamentos ambientais existentes, à presença de unidades de conservação ou quaisquer outras zonas de proteção definidas na legislação para o bioma no qual se encontram (Pampa). Estudos mais aprofundados são, contudo, necessários para caracterizar os meios físico, biótico e social e propor medidas de controle, mitigação,

recomposição e compensação por danos ambientais oriundos do processo de lavra, beneficiamento e disposição de rejeitos. Não se esperam, ainda assim, impedimentos significativos à implantação de novos projetos de mineração e geração de energia na região.

### **Economia Mineral**

Segundo a revisão de 2016 da estatística anual da energia mundial levada a efeito pela British Petroleum (BP), as reservas globais provadas de carvão totalizam quase 900 bilhões de toneladas, sendo os Estados Unidos da América (EUA) o país detentor da maior reserva, com mais de 237 bilhões de toneladas. As reservas brasileiras correspondem a 0,7% das reservas mundiais, colocando o país na 14ª posição. Em 2015, a produção mundial de carvão foi de 7,8 bilhões de toneladas, sendo China, EUA, Índia, Austrália e Indonésia os maiores produtores. A produção brasileira nesse mesmo ano foi de 7,94 milhões de toneladas, representando 0,1% da oferta mundial.

O carvão mineral possui duas aplicações principais no Brasil: como combustível para geração de energia elétrica, na qual se utiliza majoritariamente o carvão nacional, e na metalurgia, onde o carvão importado representa quase a totalidade do insumo utilizado. O país utiliza de forma modesta a reserva de carvão nacional disponível, visto que, na taxa atual de utilização, as reservas lavráveis (2,77 bilhões de toneladas) são suficientes para prover carvão por 198 anos, número que passa para mais de dois mil anos considerando-se os recursos in situ (32 bilhões de toneladas). Tendo em conta que o carvão nacional não possui as propriedades adequadas para uso na metalurgia, é necessário aumentar a participação do carvão mineral na matriz energética brasileira para melhor aproveitamento das reservas nacionais desse bem mineral.

## 1. INTRODUÇÃO

A CPRM detém 376 processos de direitos minerários ativos no DNPM, em fases variáveis entre alvarás de pesquisa e relatórios finais de pesquisa aprovados, os quais constituem 30 blocos ou projetos distribuídos por todo o país. Os bens minerais que compõem o portfólio são: fosfato (1), cobre (1), chumbo (1), zinco (1), ouro (4), caulim (1), níquel laterítico (2), gipsita (1), carvão (5), turfa (8), diamante (2), nióbio (1), terras-raras (1) e calcário (1).

No final da década de 1970 e início dos anos de 1980, a CPRM, na época apenas Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, por demanda do Plano de Mobilização Energética (PME) do governo federal, executou, em parceria com o DNPM, mapeamento geológico, perfuração com sondas próprias e terceirizadas e geofísica terrestre em diversas escalas nos depósitos de carvão conhecidos do sul do país. Na época, foram requeridas diversas áreas de pesquisa, as quais resultaram, após avaliação geológica, no portfólio atual da empresa, constituído por 210 áreas para carvão mineral, sendo quatro alvarás no estado de Santa Catarina e 206 alvarás no Rio Grande do Sul. O Projeto Candiota é constituído por 56 áreas (98.875,76 ha), todas com relatórios finais de pesquisa aprovados pelo DNPM.

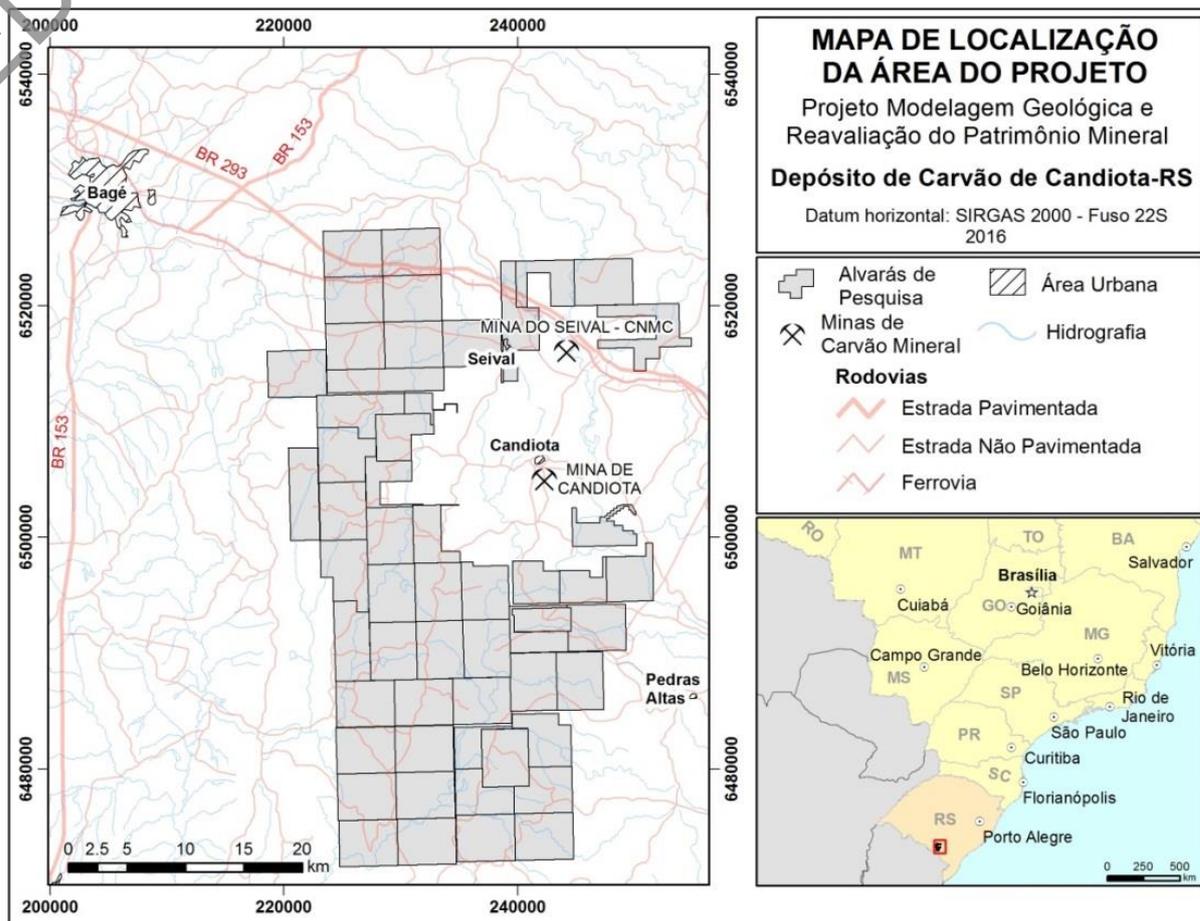
Para reavaliação do depósito de Candiota, a CPRM executou um trabalho de resgate, validação e reinterpretação dos dados históricos do projeto, elaborando uma base digital de dados. A partir desses dados e utilizando softwares de modelagem, construíram-se wireframes das camadas de carvão que formam a base para estimativa dos recursos. Todos os modelos das camadas foram ajustados pela topografia atual para garantir volumes mais precisos. Contudo, as bocas dos furos não foram identificadas em campo, o que impediu que fosse realizado o levantamento com GPS Diferencial de suas coordenadas. Em seguida, os dados geológico-analíticos obtidos por meio de testemunhos foram validados estatisticamente e visualmente com as estimativas obtidas nos blocos, garantindo a representatividade da informação na amostragem original. Os modelos de blocos resultantes foram classificados como recursos na categoria inferida, de acordo com espaçamento amostral, qualidade e quantidade de dados.

Procedeu-se, ainda, a uma breve atualização da situação econômica do mercado mundial e nacional em termos de abastecimento e demanda do bem mineral, bem como à compilação de uma série de testes laboratoriais realizados naquela época, de caráter preliminar e sem comprovação por métodos de beneficiamento alternativos ou que permitam aperfeiçoar os resultados. Concomitantemente, realizaram-se visitas de campo e análises preliminares de possíveis fragilidades socioambientais nas áreas do projeto que impeçam ou dificultem a sua implantação.

## 2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

A Região Carbonífera de Candiota situa-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo os municípios de Candiota, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá, estando distante de Porto Alegre cerca de 380 km (Figura 1).

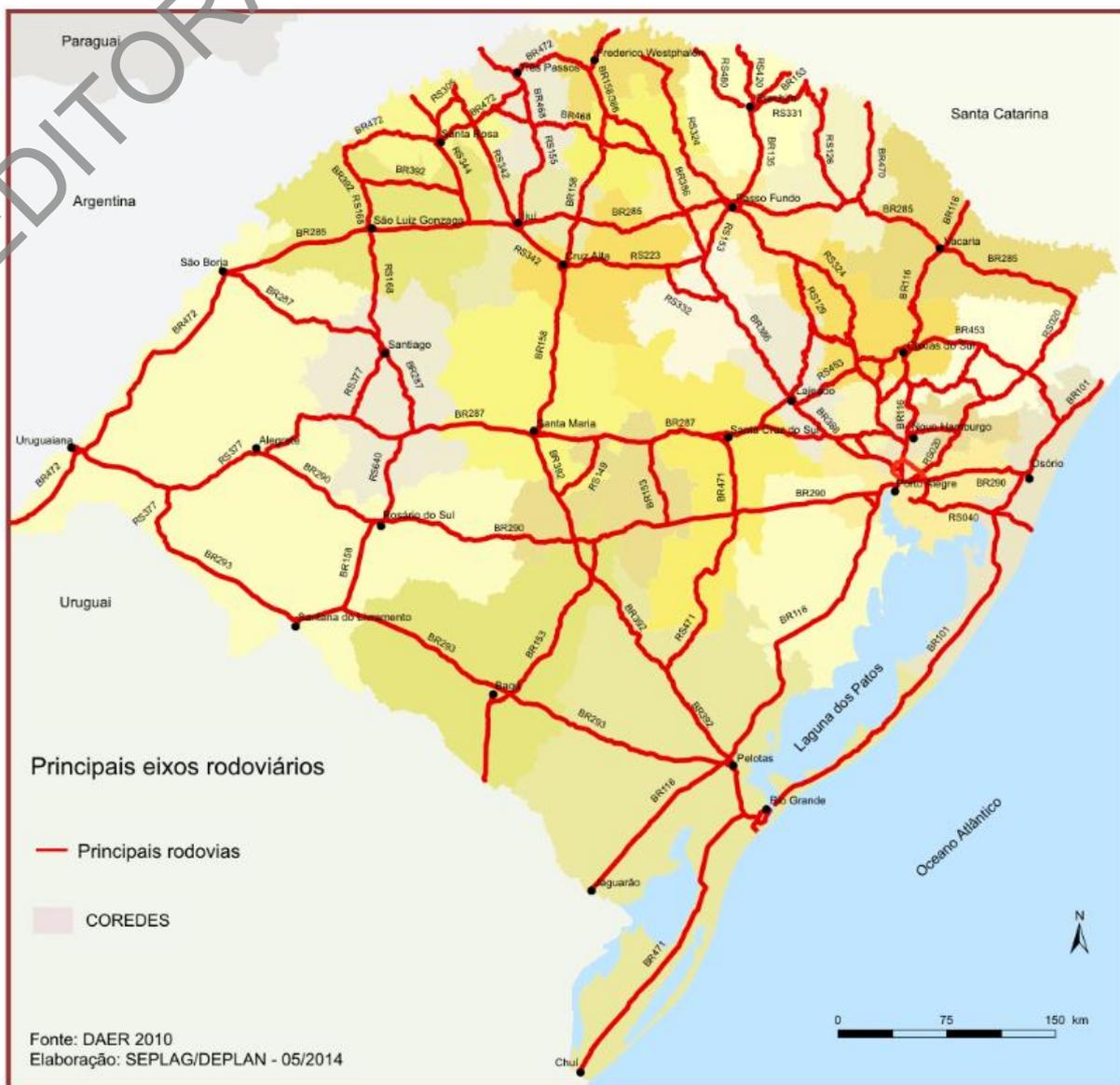
**Figura 1** – Mapa de localização das áreas da CPRM no depósito de Candiota.



### 2.1 RODOVIAS

A malha rodoviária do estado do Rio Grande do Sul dispõe de 18.985,09 km de rodovias nas esferas federal e estadual. A malha federal estrutura a rede de transporte do estado com rodovias longitudinais, diagonais, transversais e de ligação. A rede estadual articula-se à federal, sendo mais densa e capilarizada nas regiões norte e nordeste do estado, em função de maior número de municípios e de núcleos urbanos com maior concentração da população.

Segundo o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER, 2016), a malha rodoviária pavimentada do estado é, atualmente, de 17.199,49 km. Destes, 5.935,94 km correspondem a rodovias federais e 11.263,55 km, a rodovias estaduais (Figura 2).

**Figura 2** – Principais eixos rodoviários do estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: SEPLAN, 2013.

## 2.2 PORTOS

O Rio Grande do Sul apresenta importante malha hidroviária (Quadro 1), concentrada na região leste, de ampla importância estratégica para o estado, pelo potencial das vias navegáveis interiores na redução de custos e economia de combustível no transporte de cargas, especialmente as de grande volume unitário, em distâncias compatíveis com a modalidade hidroviária.

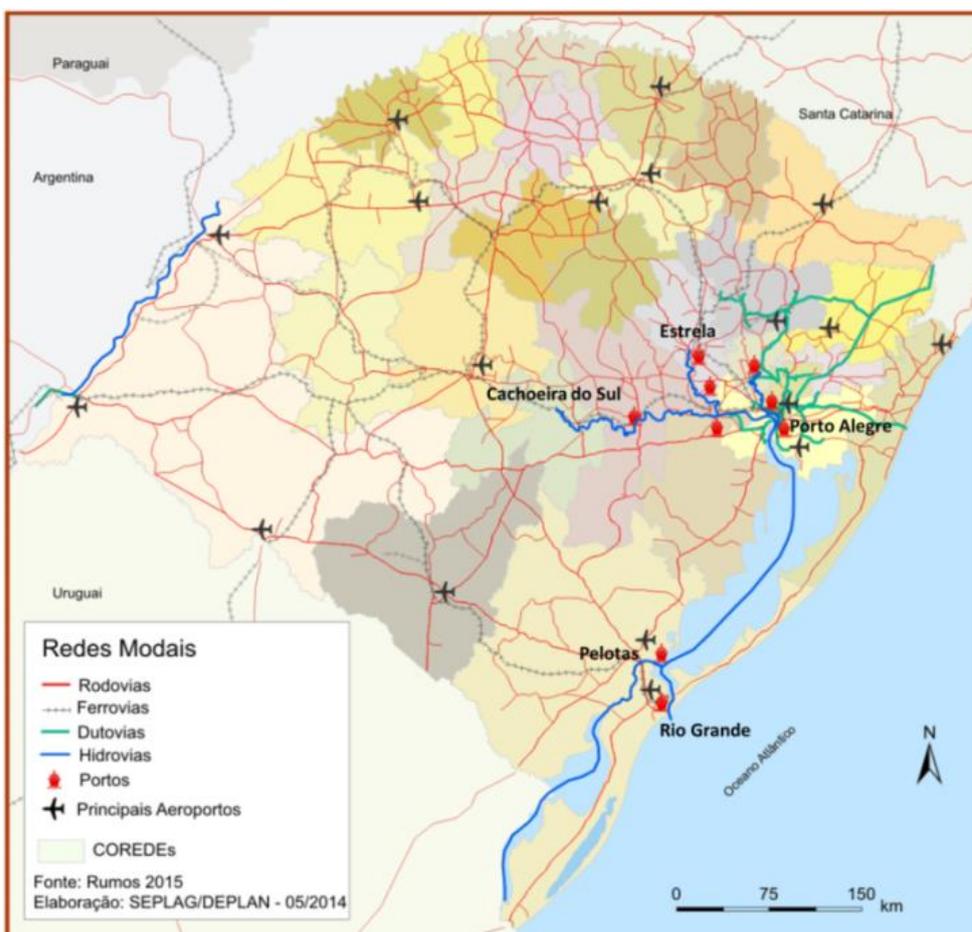
Há duas grandes bacias hidrográficas que contêm os principais rios: Lagoa dos Patos (Bacia do Sudeste) e do Rio Uruguai. Os principais rios navegáveis utilizados para o transporte de carga são Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e São Gonçalo, além do Lago Guaíba e da Laguna dos Patos. Já a navegação pela bacia do rio Uruguai e Ibicuí, seu afluente, está restrita basicamente a 27 pontos de travessia de passageiros e de veículos por sistema de balsas ou outras embarcações menores (SEPLAN, 2013).

**Quadro 1 – Malha hidroviária do estado do Rio Grande do Sul**

Origem	Destino	Distância (km)	Calado (m)	Via
Porto Alegre	Estrela	145	2,5	Rio Taquari
Porto Alegre	Rio Grande	315	5,18	Laguna dos Patos
Porto Alegre	Pelotas	277,8		Laguna dos Patos / Canal São Gonçalo
Porto Alegre	Cachoeira do Sul	220	2,5	Rio Jacuí
Porto Alegre	Charqueadas	39	3,5	Rio Jacuí
Porto Alegre	Polo Petroquímico	26	5,18	Rio Caí
Pelotas	Rio Grande	55,5		Canal São Gonçalo / Laguna dos Patos
Pelotas	Estrela	443,3		Canal São Gonçalo / Laguna dos Patos / Rio Taquari
Pelotas	Cachoeira do Sul	504,8		Canal São Gonçalo /Laguna dos Patos / Rio Jacuí

Fonte: SEPLAN, 2013.

A principal rota hidroviária do estado engloba o trecho entre Porto Alegre e Rio Grande (Figura 3), abrangendo uma distância de aproximadamente 315 km em um calado de 5,2 m. O Porto de Rio Grande conta com um calado de 40 pés e um cais público, chamado Porto Novo, com 31 pés e 2 km de extensão, que oferece excelente disponibilidade de atracação. Rio Grande está consolidado como o segundo maior porto brasileiro em movimentação de contêineres e o terceiro em movimentação de cargas, com volume geral que, em 2013, alcançou 33,2 milhões de toneladas (SEPLAN, 2013).

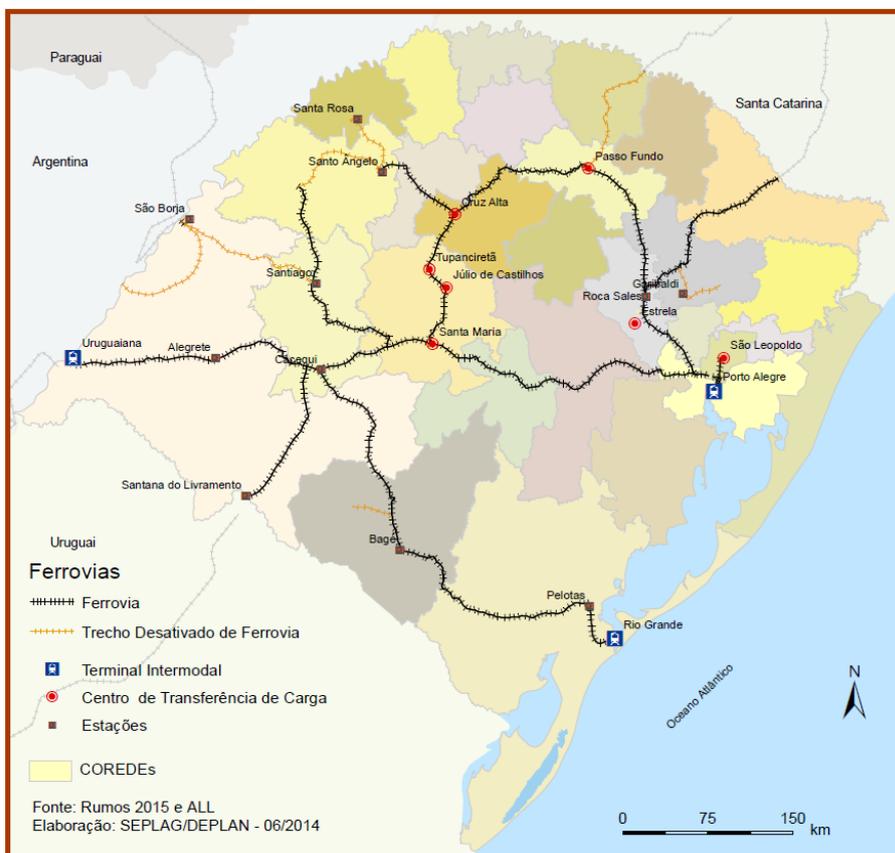
**Figura 3 – Redes modais de transporte do estado do Rio Grande do Sul.**

Fonte: SEPLAN, 2013.

## 2.3 FERROVIAS

O sistema ferroviário nacional é o maior da América Latina em termos de carga transportada e se caracteriza pela capacidade de transportar grandes volumes com elevada eficiência energética, em deslocamentos de médias a grandes distâncias. No estado do Rio Grande do Sul, a malha ferroviária foi controlada até o ano de 1997 por Rede Ferroviária Federal (RFFSA). Atualmente, a empresa responsável pela operação é a América Latina Logística do Brasil S.A. (ALL Logística), com contrato de operação até o ano de 2027. A malha ferroviária do estado é de 3.259 km de linhas e ramais ferroviários (Figura 4), utilizada somente para o transporte de cargas. A maior parte apresenta bitola de 1 m, sendo que apenas 5 km apresentam bitola mista (1.435 m), com o objetivo de realizar a integração com as malhas argentinas e uruguaias. Os terminais ferroviários que apresentam maior concentração de cargas localizam-se nas proximidades da Região Metropolitana de Porto Alegre e em Passo Fundo, Cruz Alta e Uruguaiana (SEPLAN, 2013).

**Figura 4 – Malha ferroviária do estado do Rio Grande do Sul.**



Fonte: SEPLAN, 2013.

## 2.4 Aeroportos

O Aeroporto Internacional Salgado Filho, localizado na cidade de Porto Alegre, é o principal terminal aeroviário do estado do Rio Grande do Sul. A movimentação anual de passageiros é da ordem de 8 milhões, envolvendo cerca de 64 mil acessos de aeronaves/ano. Já a movimentação de cargas atinge 22 milhões de kg/ano. O terminal de passageiros concluído em setembro de 2001 tem capacidade para atender a uma demanda de até 4 milhões de passageiros/ano, podendo receber até 28 aeronaves de grande porte simultaneamente (SEPLAN, 2013).

O Rio Grande do Sul conta com outros aeroportos, que exercem papel importante em seu sistema de transportes (Tabela 3).

**Tabela 3** – Movimento dos principais aeroportos do Rio Grande do Sul em 2012

Aeroporto	Passageiros (Nº)	Cargas (kg)
Porto Alegre	8.261.355	22.394.327
Caxias do Sul	220.476	261.315
Passo Fundo	48.993	118.886
Rio Grande	15.233	-
Pelotas	9.965	17.945
Santo Ângelo	4.003	14.594
Erechim	3.933	13.045
Uruguaiana	3.122	646
Bagé	1.813	3.122

Fonte: Modificado de SEPLAN, 2013.

## 2.5 Recursos Energéticos

O sistema elétrico do país está praticamente interligado, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Com isso, os conceitos de independência energética precisam ser examinados com certo cuidado. O estado do Rio Grande do Sul apresenta um setor elétrico com maior complexidade quando comparado à maioria dos estados brasileiros, pois dispõe de inúmeros agentes distribuidores de energia elétrica.

Conforme o Banco de Informações de Geração (BIG) (ANEEL, 2016a), no estado do Rio Grande do Sul estão em operação 314 empreendimentos de geração de energia elétrica, totalizando uma potência instalada de 10.467.754,93 kW, dos quais 57% correspondem a 19 usinas hidrelétricas (UHE), 22%, a 125 usinas termelétricas (UTE) – das quais quatro têm como fonte energética o carvão mineral – e 15%, a 67 usinas eólicas (EOL) (Tabela 4). Na porção sul do estado, as UHEs estão ausentes, havendo predomínio de UTEs (Figura 5).

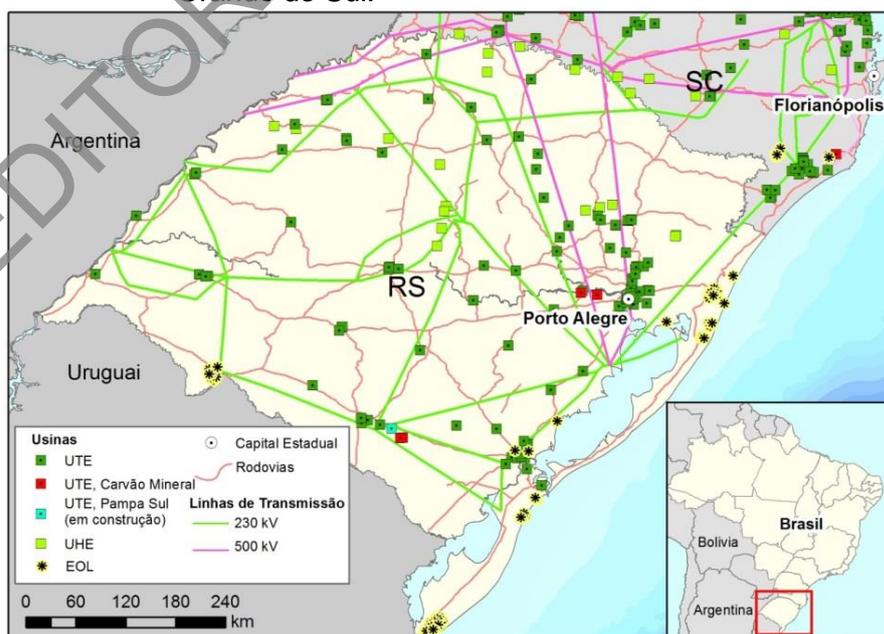
**Tabela 4** – Usinas em operação, construção e outorgadas no Rio Grande do Sul

Tipo	Em Operação		Em Construção		Outorgadas	
	Quantidade	Potência (kW)	Quantidade	Potência (kW)	Quantidade	Potência (kW)
CGH	50	33.994,65	-	-	1	540,00
EOL	67	1.572.366,98	17	308.100,00	2	20.400,00
PCH	52	585.674,30	2	34.000,00	14	215.869,95
UHE	19	5.957.128,00			2	332.540,00
UTE	125	2.318.591,00	1	340.000,00	5	1.607.800,00
<b>Total</b>	<b>314</b>	<b>10.467.754,93</b>	<b>22</b>	<b>682.100</b>	<b>45</b>	<b>1.877.863,95</b>

Fonte: Adaptado de ANEEL, 2016a.

A única usina termelétrica em construção no estado é a Pampa Sul, localizada no município de Candiota. Essa usina é fruto do leilão de energia A-5, de 28 de novembro de 2014, quando a Tractebel Energia adquiriu o direito de operação da nova usina por 25 anos, a partir de janeiro de 2019. A UTE será movida a carvão mineral, com capacidade instalada de 340 MW.

**Figura 5** – Mapa de localização das usinas geradoras de energia em operação no Rio Grande do Sul.



Fonte: Elaborado a partir de *shapefiles* disponíveis na ANEEL, 2016b.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS) são os órgãos reguladores e responsáveis pela garantia do serviço prestado por concessionárias de energia elétrica. As três principais empresas geradoras de energia são: Tractebel, Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CEEE-GT) e Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (Eletrobrás CGTEE) (Quadro 2).

**Quadro 2** – Principais operadoras de energia elétrica em geração e potência no Rio Grande do Sul em 2014

Empresa	Natureza	Energia Produzida (MWh)	Potência Instalada (MW)**
Tractebel**	Hídrica	6.911.922,14	1.492,70
CEEE-GT*	Hídrica	4.592.157,77	1.147,93
Foz do Chapecó**	Hídrica	1.952.315,38	389,00
BAESA**	Hídrica	1.510.550,55	349,00
Companhia Energética Rio das Antas	Hídrica	1.124.544,51	253,56
Dona Francisca Energética	Hídrica	764.780,29	90,00
Monel Monjolinho	Hídrica	416.858,00	67,00
CGTEE	Térmica	2.836.645,94	840,00
AES Uruguiana	Térmica	0,00	639,90
Petrobras	Térmica	751.408,96	235,29
Tractebel	Térmica	256.543,66	138,00

Fonte: Modificado de CEEE, 2015.

Notas: (\*) Consideradas as cotas em que a empresa tem participação em energia.

(\*\*) 50% da potência nominal e da energia produzida, consideradas para as usinas de fronteira com o estado de Santa Catarina.

(\*\*\*) Consideradas as cotas em que as empresas têm participação no Rio Grande do Sul.

Segundo CEEE (2015), a distribuição de energia elétrica no Rio Grande do Sul é executada por oito concessionárias de serviços públicos. As três maiores têm mais de um milhão de unidades consumidoras cada uma e correspondem a mais de 90% do mercado. São elas: Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D), Distribuidora Gaúcha de Energia Elétrica (AES Sul) e Rio Grande Energia (RGE) (Figura 6).

**Figura 6** – Principais distribuidoras de energia elétrica no Rio Grande do Sul.

Fonte: Modificado de CEEE, 2015.

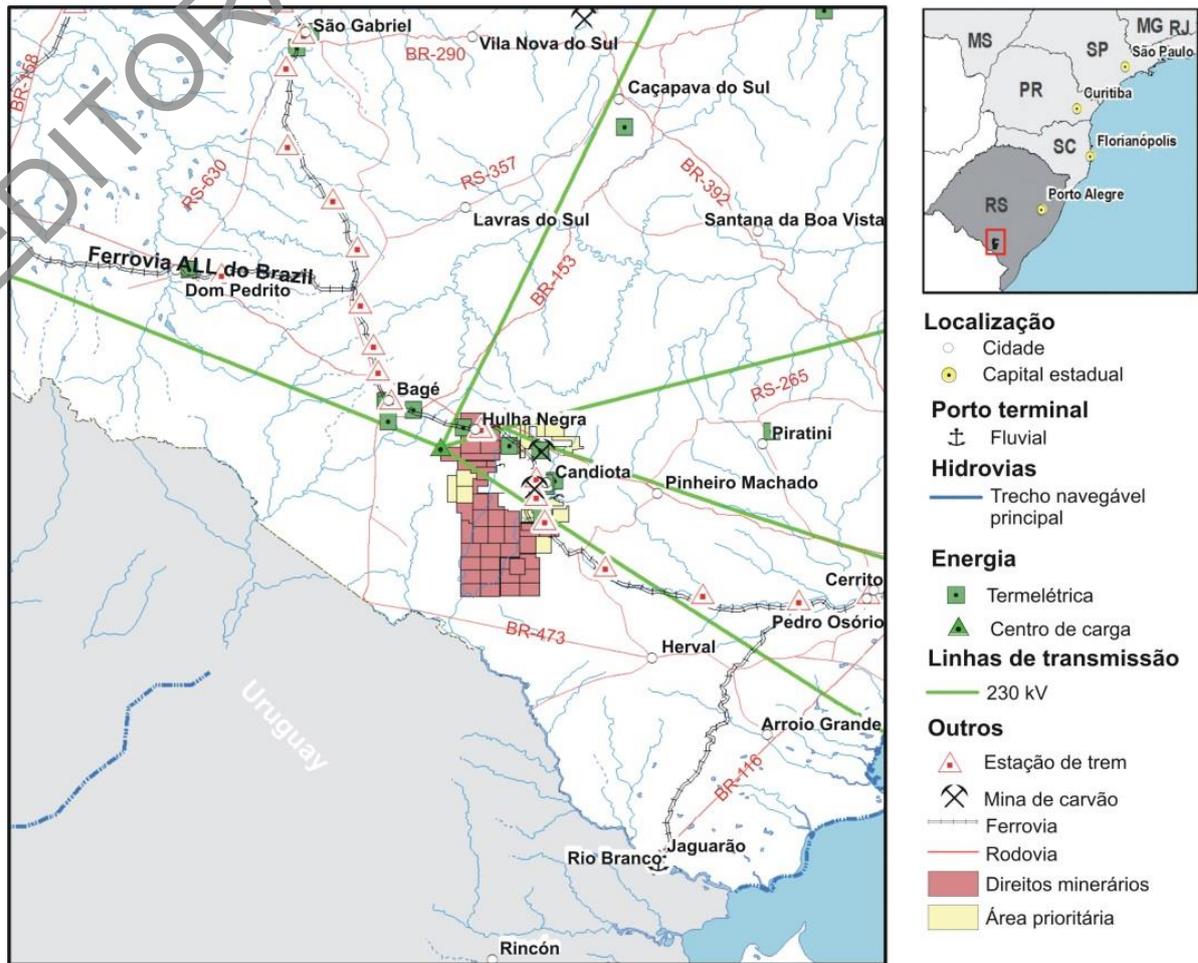
O sistema de transmissão de energia elétrica do estado faz parte do Sistema Interligado Brasileiro (SIN), estando também conectado ao sistema argentino por meio das estações conversoras de Garabi e Uruguaiana, e, ao sistema uruguaio, por intermédio da estação de Rivera-Santana do Livramento. A operação da rede básica de transmissão de energia elétrica no Rio Grande do Sul é com tensões de 230 kV e 500 kV. No total, o estado conta com mais de 100 subestações de transmissão (SEPLAN, 2013).

O setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul, com 38,6%, seguido pelos setores residencial (24,4%), comercial (15,7%) e agropecuário (12,9%). Os 8,4% restantes são consumidos pelo setor público e de transporte (SEPLAN, 2013).

## 2.6 INFRAESTRUTURA NA REGIÃO DE CANDIOTA

O depósito de Candiota reveste-se de importância especial por ser já alvo de exploração de carvão e utilização na termoelectricidade desde muitos anos. Atualmente, a Companhia Riograndense de Mineração (CRM) opera a mina de Candiota, sendo a maior parte do minério extraído destinada à Eletrobrás CGTEE, que administra a Usina Termelétrica Presidente Médici. No passado, operou na região também a mina Seival, da Companhia Nacional de Mineração Candiota (CNMC), que hoje se encontra desativada. Porém, desde o final de 2015, está em fase de reimplantação pela Seival Sul Mineração (uma controlada do Grupo Copelmi), visando a fornecer minério para alimentar uma nova usina termelétrica da Tractebel (Pampa Sul), em construção. A proximidade das áreas da CPRM a esses empreendimentos mineiros e energéticos deixa o Projeto Candiota em posição altamente favorável quanto à disponibilidade de infraestrutura básica necessária para implementação de futuro empreendimento minerário. A região dispõe de mão de obra qualificada, energia elétrica, água subterrânea, meios de comunicação, sistema bancário, hospitais e eficiente sistema de transporte rodoviário, aéreo e portuário (Figura 7).

Figura 7 – Infraestrutura na região carbonífera de Candiota.



### 3 ASPECTOS LEGAIS

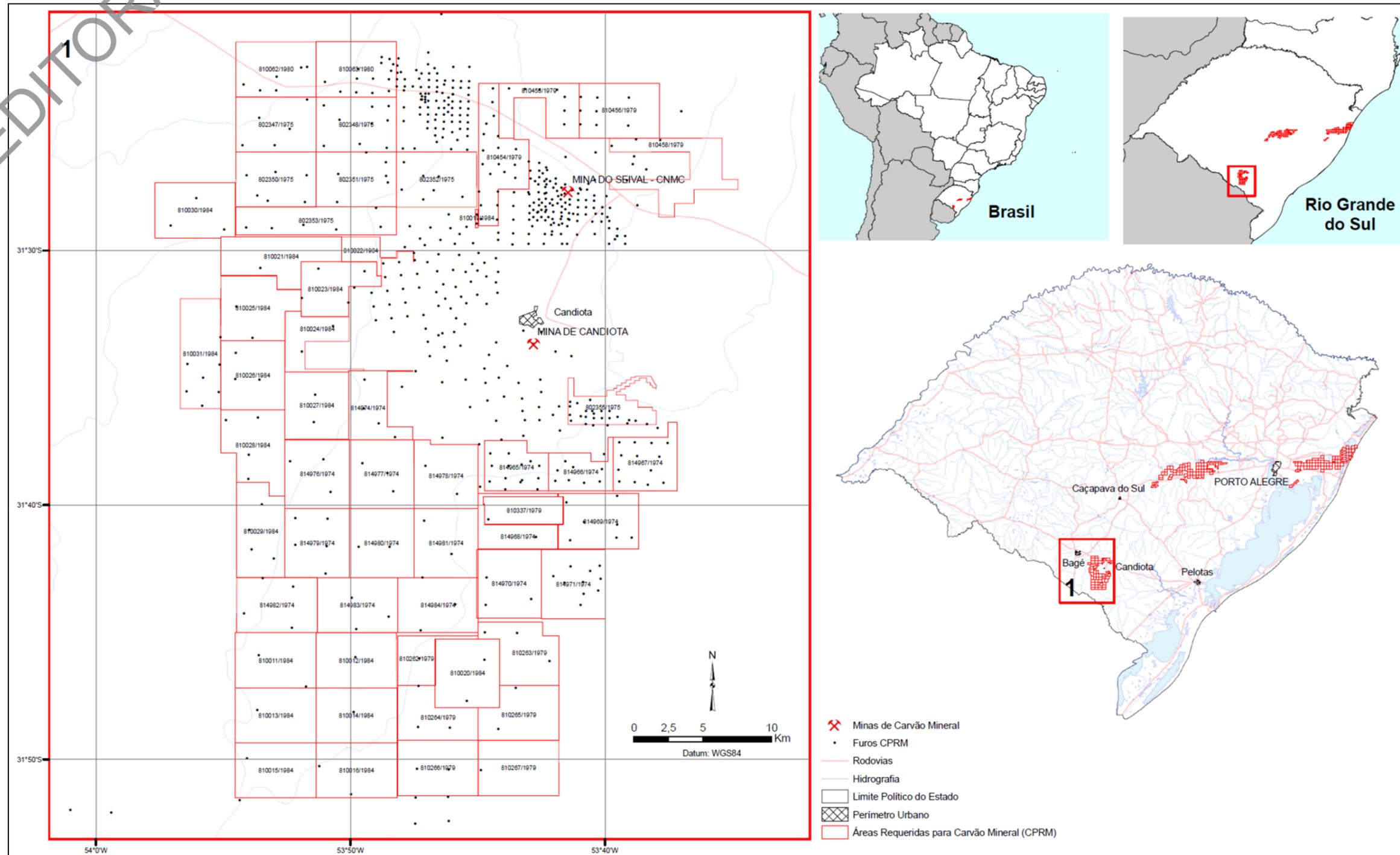
O Projeto Candiota da CPRM é constituído por 56 alvarás de pesquisa (Quadro 3; Figura 8), totalizando 98.875,76 ha. Destes, 51 têm o carvão mineral como substância principal, enquanto três são para linhito, um para folhelho betuminoso e um para sapropelito.

Todas as áreas tiveram seus relatórios finais de pesquisa aprovados pelo DNPM, havendo apenas algumas movimentações posteriores, que não afetam o direito de prioridade e/ou a integridade dos direitos sobre o carvão mineral nos depósitos.

**Quadro 3 – Sumário dos aspectos legais das áreas pertencentes à CPRM no depósito de Candiota**

Processo	Ano	Área (ha)	Município	Substância	Último Evento
802.347	1975	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.348	1975	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.350	1975	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.351	1975	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.352	1975	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.353	1975	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
802.355	1975	1.175,72	Candiota/Pedras Altas	Sapropelito	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 28.08.1984
810.011	1984	2.000	Candiota	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.012	1984	2.000	Candiota	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.013	1984	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.014	1984	2.000	Candiota/Pedras Altas	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.015	1984	2.000	Candiota/Pedras Altas	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.016	1984	2.000	Candiota/Pedras Altas	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.019	1984	21,48	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.020	1984	2.000	Pedras Altas	F. Betuminoso	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.021	1984	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.022	1984	472,98	Candiota/Hulha Negra	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.06.1999
810.023	1984	1.517,5	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.024	1984	1.088,9	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.025	1984	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.026	1984	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.027	1984	1.934,03	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.028	1984	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.029	1984	1.970,3	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.030	1984	1.993,53	Bagé/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.031	1984	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.062	1980	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
810.063	1980	2.000	Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 07.04.1982
810.262	1979	901,36	Candiota/Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 01.03.1985
810.263	1979	1.749,84	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 01.03.1985
810.264	1979	1.564,95	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 01.03.1985
810.265	1979	1.783,05	Pedras Altas	Linhito	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.266	1979	2.000	Pedras Altas	Linhito	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.267	1979	2.000	Pedras Altas	Linhito	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 19.07.1996
810.337	1979	985,4	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 11.02.1985
810.454	1979	1.979,37	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 30.10.1984
810.455	1979	1.412,2	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 30.10.1984
810.456	1979	2.000	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 30.10.1984
810.458	1979	2.000	Candiota/Pinheiro Machado	Carvão	236-Aut Pesq/Doc Diverso Protocol em 09.02.2007
814.965	1974	1.348,5	Candiota/Pedras Altas	Carvão	236-Aut Pesq/Doc Diverso Protocol em 14.06.2011
814.966	1974	1.075	Candiota/Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 12.09.1984
814.967	1974	1.623,25	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 12.09.1984
814.968	1974	1.079,6	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 06.11.1984
814.969	1974	1.935	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 06.11.1984
814.970	1974	2.000	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.971	1974	2.000	Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.974	1974	1.370	Candiota	Carvão	317-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 23.08.1999
814.976	1974	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.01.1985
814.977	1974	2.000	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.01.1985
814.978	1974	1.893,8	Candiota/Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 06.11.1984
814.979	1974	2.000	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.980	1974	2.000	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.981	1974	2.000	Candiota/Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.982	1974	2.000	Candiota/Hulha Negra	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.01.1985
814.983	1974	2.000	Candiota	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 15.02.1985
814.984	1974	2.000	Candiota/Pedras Altas	Carvão	299-Aut Pesq/Rel Pesq Aprov Publ em 21.01.1985

Figura 8 – Áreas de pesquisa da CPRM no depósito de Candiota.



## 4 FISIOGRAFIA

A Região Carbonífera de Candiota situa-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, distante de Porto Alegre cerca de 380 km, e contempla os municípios de Candiota, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá.

Essa região, com denominação geomorfológica de Campanha Gaúcha, insere-se totalmente no bioma Pampa, apresentando paisagens naturais variadas, tais como planícies, morros rupestres e coxilhas. O bioma exibe imenso patrimônio cultural associado à biodiversidade. As paisagens naturais do Pampa caracterizam-se por predomínio de campos nativos, mas há também matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos etc.

No que diz respeito à hidrografia, é na Região Carbonífera de Candiota que estão localizadas as cabeceiras de drenagem do rio Jaguarão, cujos principais afluentes são os arroios Jaguarão e Candiota, na margem esquerda, e os arroios dos Vimes e Jaguarão Chico, na margem direita.

## 5 CARVÃO MINERAL NO BRASIL

No Brasil, as principais jazidas carboníferas estão situadas na Bacia do Paraná, presente nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e, subordinadamente, Paraná e São Paulo.

Os carvões brasileiros caracterizam-se por sua heterogeneidade na estrutura vertical e horizontal (variações laterais graduais). Tais variações também são marcantes de camada a camada, dentro da mesma jazida e de jazida para jazida. Em termos de qualidade, são de baixo grau de carbonificação (rank), denominados comercialmente como alto voláteis, apresentam elevado teor de cinzas, geralmente superior a 50%, e teor variável de enxofre.

De modo geral, infere-se que as jazidas de carvão no estado do Rio Grande do Sul têm trend SW/NE, sendo que, para sentido NE, observa-se aumento do rank do carvão, diminuição gradual do teor de cinzas e aumento do teor de enxofre e do poder calorífico. A maioria dos carvões gaúchos, à exceção de Morungava-Chico Lomã e Santa Terezinha, tem potencial energético classificado como Betuminoso Alto Volátil C, não coqueificável. Quanto ao teor de enxofre, o carvão bruto do Rio Grande do Sul possui em torno de 1%, o de Santa Catarina apresenta cerca de 4% e o do Paraná alcança cerca de 7%. Em todos os carvões brasileiros, excetuando-se o do Paraná, a matéria mineral disseminada torna o beneficiamento difícil e de baixo rendimento.

Segundo Aboarrage e Lopes (1986), no estado do Rio Grande do Sul são conhecidas sete grandes jazidas de carvão: Santa Terezinha, Morungava-Chico Lomã, Charqueadas, Leão, Iruí, Capané e Candiota. Além destas, existem outras sete jazidas de pequeno e médio porte: Gravataí Oeste, Arroio dos Ratos, Faxinal, Água Boa, Cerro do Roque, Pântano Grande e São Sepé.

### 5.1 HISTÓRICO DO CARVÃO NO DEPÓSITO DE CANDIOTA

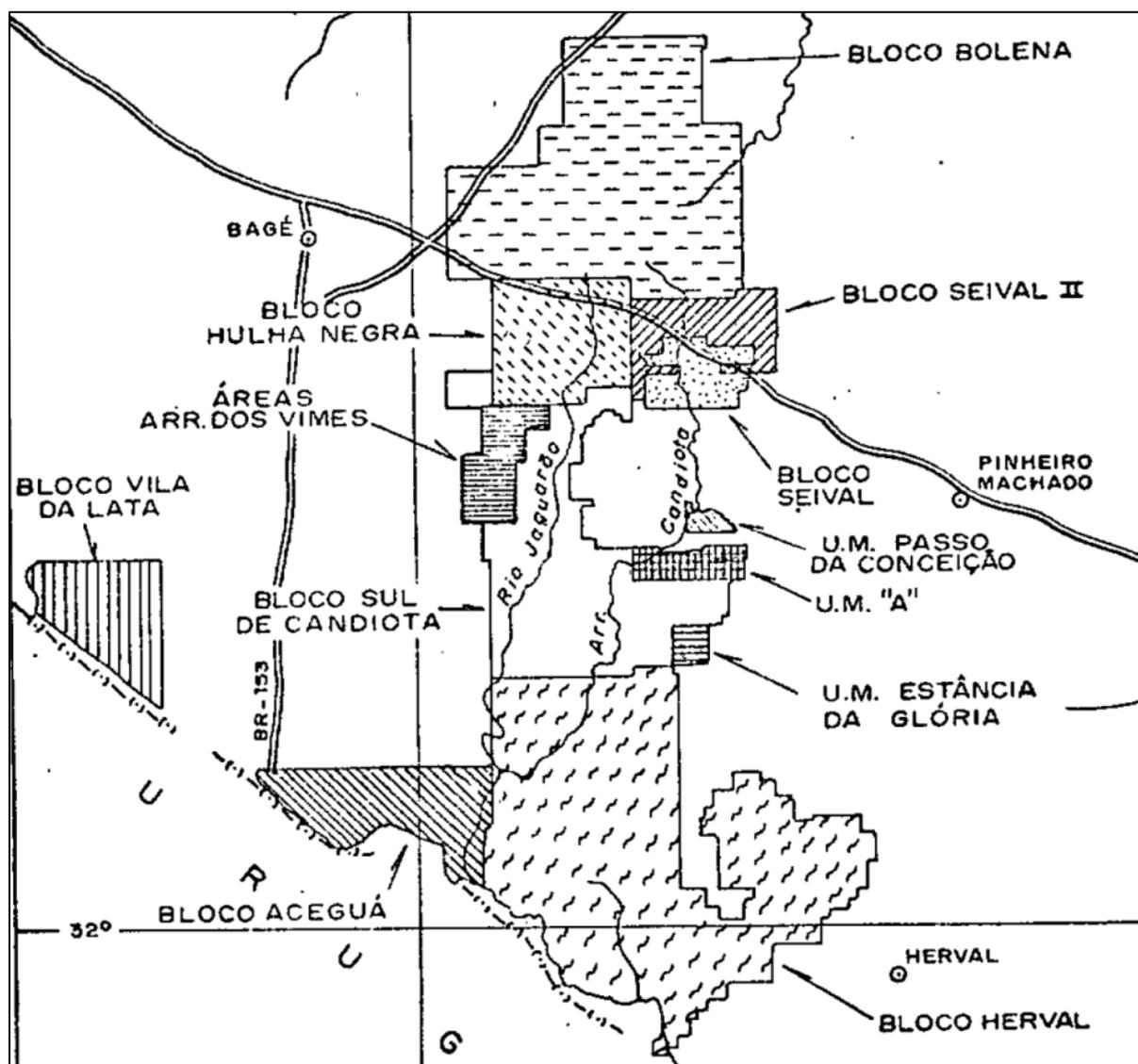
A mineração de carvão no depósito de Candiota data de 1863 e atendia às fábricas e charqueadas da região. O carvão era garimpado em minas de encostas e às margens dos cursos d'água. Até 1920, o carvão dessa região abastecia a viação férrea. A partir de 1942, os estudos de Augusto Batista Pereira e do engenheiro José do Patrocínio Motta levaram à construção da usina termelétrica de Candiota I (20 MW) em 1960, fator marcante para o desenvolvimento da indústria do carvão, como também para o progresso municipal de regiões isoladas (ARAMIS, 2002 apud ABCM, 2012).

Até 1977, o conhecimento detalhado do depósito de Candiota estava limitado às áreas de carvão mais raso, de interesse imediato da Companhia Riograndense de Mineração (CRM). As demais porções eram conhecidas por meio de pesquisa pioneira com informações esparsas. Entretanto, a crise do petróleo, desencadeada pelo grande aumento do preço internacional do produto, levou o governo brasileiro a criar o Plano de Mobilização Energética (PME) para buscar alternativas energéticas. Portanto, a partir de 1975 iniciou-se uma pesquisa sistemática em diversos depósitos de carvão da Bacia do Paraná, inclusive no depósito de Candiota. Para tal foram requeridos diversos alvarás de pesquisa, tendo sido executados mapeamentos geológicos e perfurados e perfilados cerca de 657.000 m de sondagem, analisados intervalos carboníferos (para caracterização do carvão) e realizados levantamentos geofísicos. A CPRM teve papel de destaque nesse programa, que aumentou consideravelmente os recursos de carvão mineral até então conhecidos no Brasil, que passaram de 3,7 bilhões de toneladas para cerca de 32 bilhões de toneladas no final dos estudos (COUTINHO, 1987).

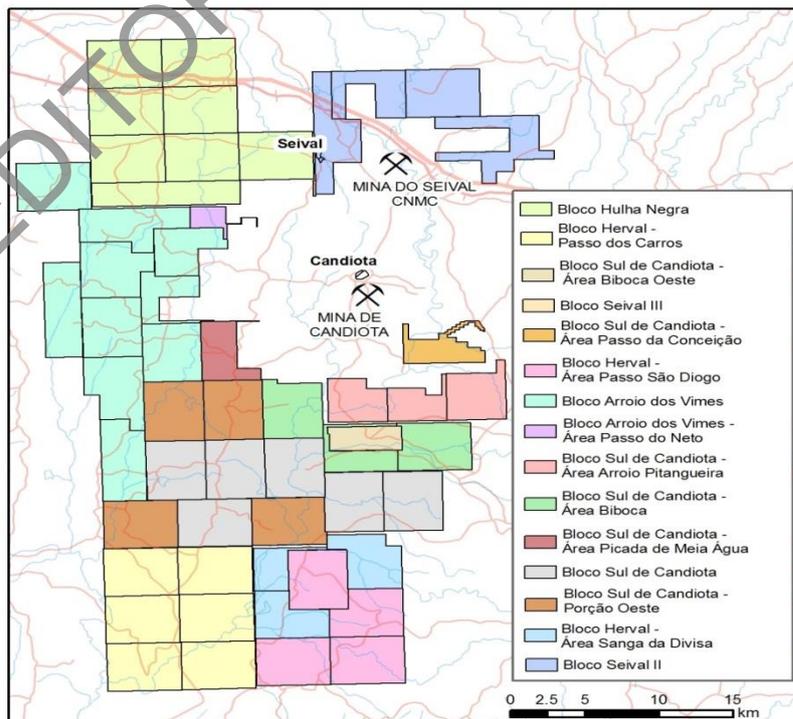
### 5.1.1 Projeto Grande Candiota

O Projeto Grande Candiota agrupou os trabalhos desenvolvidos pela CPRM na pesquisa de carvão mineral no depósito de Candiota entre o final da década de 1970 e meados dos anos de 1980. No decorrer do projeto, foram requeridos inúmeros alvarás de pesquisa, totalizando 233.000 ha. Por conveniência técnico-operacional e obedecendo ao cronograma de vencimento dos prazos concedidos pelo DNPM para as pesquisas nos depósitos, os resultados obtidos na época foram reportados parceladamente em blocos ou áreas (Figura 9). Muitas dessas áreas foram desistidas, tiveram os seus limites alterados ou foram repassadas para a iniciativa privada. Atualmente, a CPRM detém 56 alvarás de pesquisa com relatórios finais de pesquisa aprovados junto ao DNPM (Figura 10).

**Figura 9** – Mapa de localização dos blocos de pesquisa do projeto Grande Candiota.



Fonte: CPRM, 1984a.

**Figura 10** – Alvarás de pesquisa atuais da CPRM agrupados por blocos ou áreas em que foram reportados.

Os trabalhos executados por bloco/setor seguiam praticamente a mesma sistemática, composta por quatro etapas: sondagem e perfilagem; descrição dos testemunhos; ensaios tecnológicos e análises; cálculo de recursos. No entanto, as camadas de carvão cubadas variavam de acordo com a sua viabilidade econômica no bloco em questão. Além disso, o limite inferior de isópacas e o peso específico de cada camada também variavam de bloco para bloco. A única camada cubada em todos os relatórios finais de pesquisa foi Candiota (CBS+CBI), principal camada do depósito. A partir da compilação dos resultados reportados nos relatórios finais de pesquisa do Projeto Grande Candiota (CPRM, 1982a; 1982b; 1983a; 1983b; 1983c; 1983d; 1983e; 1983f; 1984b; 1984c; 1986a; 1986b; 1987a; 1987b; 1988; 1998), obteve-se o total de 7,9 bilhões de toneladas de carvão dentro das áreas ainda pertencentes à CPRM (Tabela 5).

**Tabela 5** – Recursos totais de carvão dentro das áreas ainda pertencentes à CPRM, reportados nos relatórios finais de pesquisa do projeto Grande Candiota

Bloco	Camada Candiota (Mt)	Total (Mt)
Arroio dos Vimes	1.260,496	1.516,625
Arroio dos Vimes – Área Passo do Neto	40,504	46,068
Sul de Candiota – Área Arroio Pitangueira	302,665	465,672
Herval – Área Passo dos Carros	345,824	606,881
Herval – Área Passo São Diogo	339,568	553,771
Herval – Área Sanga da Divisa	340,194	502,696
Hulha Negra	431,76	620,28
Seival II	112,672	394,053
Seival III	1,28	2,408
Sul de Candiota	1.051,109	1.348,344
Sul de Candiota – Porção Oeste	603,432	846,704
Sul de Candiota – Área Biboca	415,251	568,183
Sul de Candiota – Área Biboca Oeste	89,433	128,424
Sul de Candiota – Área Passo da Conceição	68,928	98,044
Sul de Candiota – Área Picada da Meia Água	113,513	161,076
<b>Total</b>	<b>5.516,629</b>	<b>7.859,229</b>

### 5.1.2 Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná

O Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica (ABOARRAGE; LOPES, 1986), executado pela CPRM entre 1983 e 1986, foi elaborado a partir da necessidade de compatibilização, uniformização e integração do imenso volume de dados obtidos durante trabalhos de mapeamento e pesquisa de carvão ao longo de anos na porção leste da Bacia do Paraná. O depósito de Candiota está inserido nesse contexto.

Esse enorme acervo de informações, disperso entre as diversas entidades e empresas que trabalharam na bacia, carecia de um tratamento em conjunto que permitisse uma visão global da geologia dessa parte da bacia, uma vez que grande parte dos mapas existentes era relativa a trabalhos localizados e limitados pelas concessões dos alvarás de pesquisa.

Foram elaborados nesse projeto os seguintes produtos finais:

- Mapas Geológicos
- Cartas de Ocorrências Minerais e de Previsão para Planejamento de Ações Governamentais
- Cartas de Previsão para Planejamento Mineiro para Carvão
- Mapas de Localização dos Furos de Sondagem
- Mapas Paleogeográficos
- Seção Estratigráfica Regional
- Seções de Detalhe do Pacote Carbonoso
- Seção Paleoambiental
- Perfis Descritivos dos Principais Furos de Sondagem;
- Tabelas com os Dados Litoestratigráficos dos Furos

As cartas e mapas, à exceção de mapas paleogeográficos, foram executados em escala 1:100.000.

O cálculo de recursos realizado nesse trabalho contemplou as camadas de carvão do depósito de Candiota, independentemente das áreas dos alvarás de pesquisa da CPRM. O total de recursos calculado foi de 12,3 bilhões de toneladas. Os resultados obtidos são referentes às camadas com espessura de carvão na camada (CC) maior do que 0,5 m (Tabela 6).

**Tabela 6** – Recursos do depósito de Candiota reportados no projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná

Camadas	Tonelagem (x 10 <sup>6</sup> )
CS7	124,8
CS6	143,8
CS5	76,1
CS4	509,4
Candiota	7.783,7
CI2	1.702,7
CI3	1.784,7
CI4	170,4
<b>Total</b>	<b>12.295,6</b>

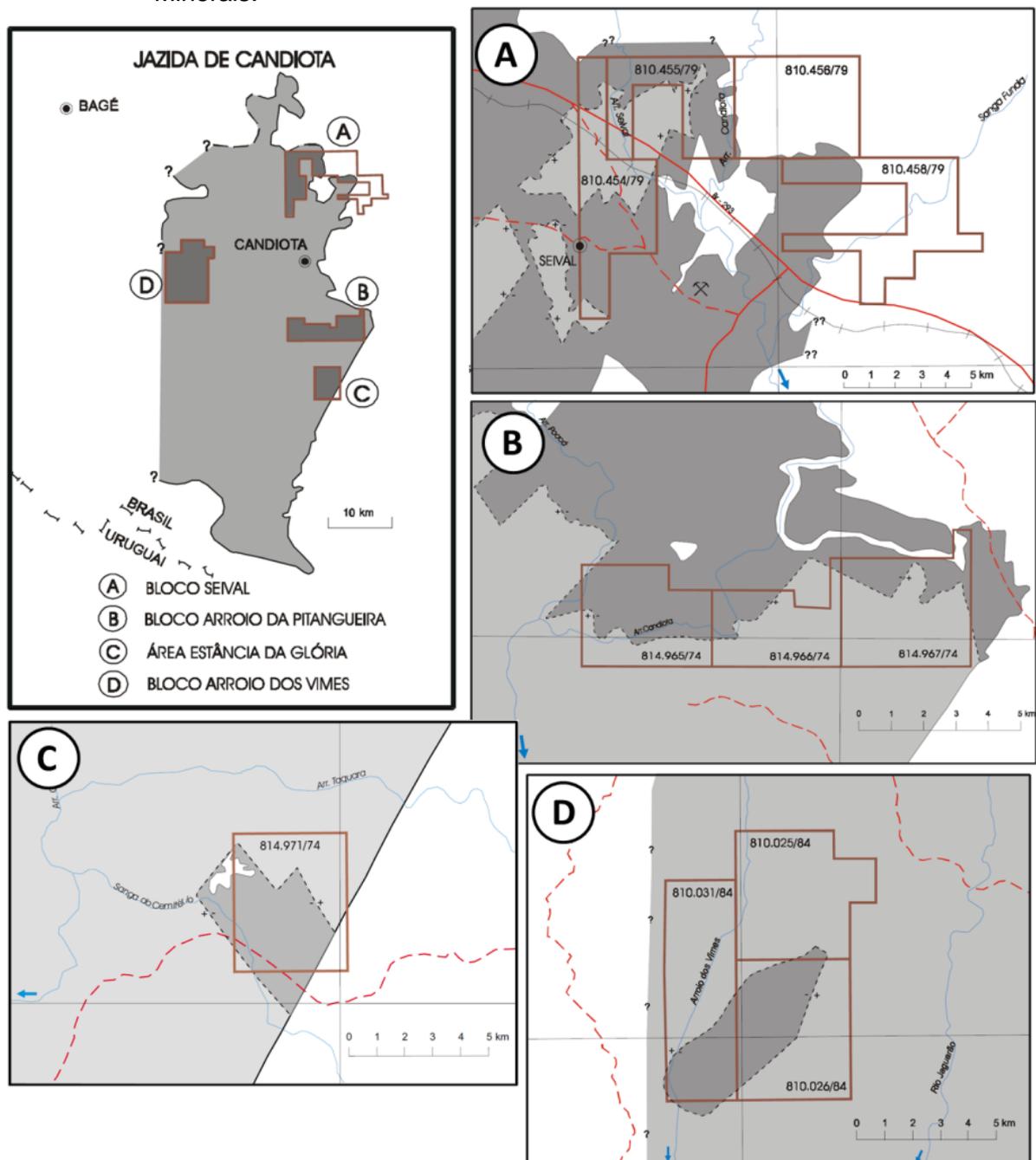
### 5.1.3 Informe de Recursos Minerais

O Informe de Recursos Minerais objetivou sistematizar e divulgar os resultados das atividades técnicas da CPRM nos campos de geologia econômica, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados foram apresentados em diversos tipos de mapas, artigos bibliográficos, relatórios e estudos.

Em 1997, a CPRM divulgou o Informe de Recursos Minerais Carvão nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SÜFFERT, 1997), no qual foram apresentadas as áreas da empresa que mostram as mais favoráveis perspectivas de lavra, baseadas na quantidade e qualidade das reservas de carvão, facilidades de extração, localização, infraestrutura e transporte, o que as tornam prioritárias para negociação de seus direitos minerários.

Com relação ao depósito de Candiota, foram identificadas quatro unidades mineiras nesse estudo: Seival II, Arroio Pitangueira, Arroio dos Vimes e Estância da Glória (Figura 11). No referido informe há um resumo sobre o nível de conhecimento nessas áreas, as características de jazimento, a qualidade do carvão, o dimensionamento de lavra e os recursos in situ (Tabela 7).

**Figura 11** – Unidades mineiras do depósito de Candiota reportadas no Informe de Recursos Minerais.



Fonte: Modificado de SÜFFERT, 1997.

**Tabela 7 – Recursos nas unidades mineiras do depósito de Candiota**

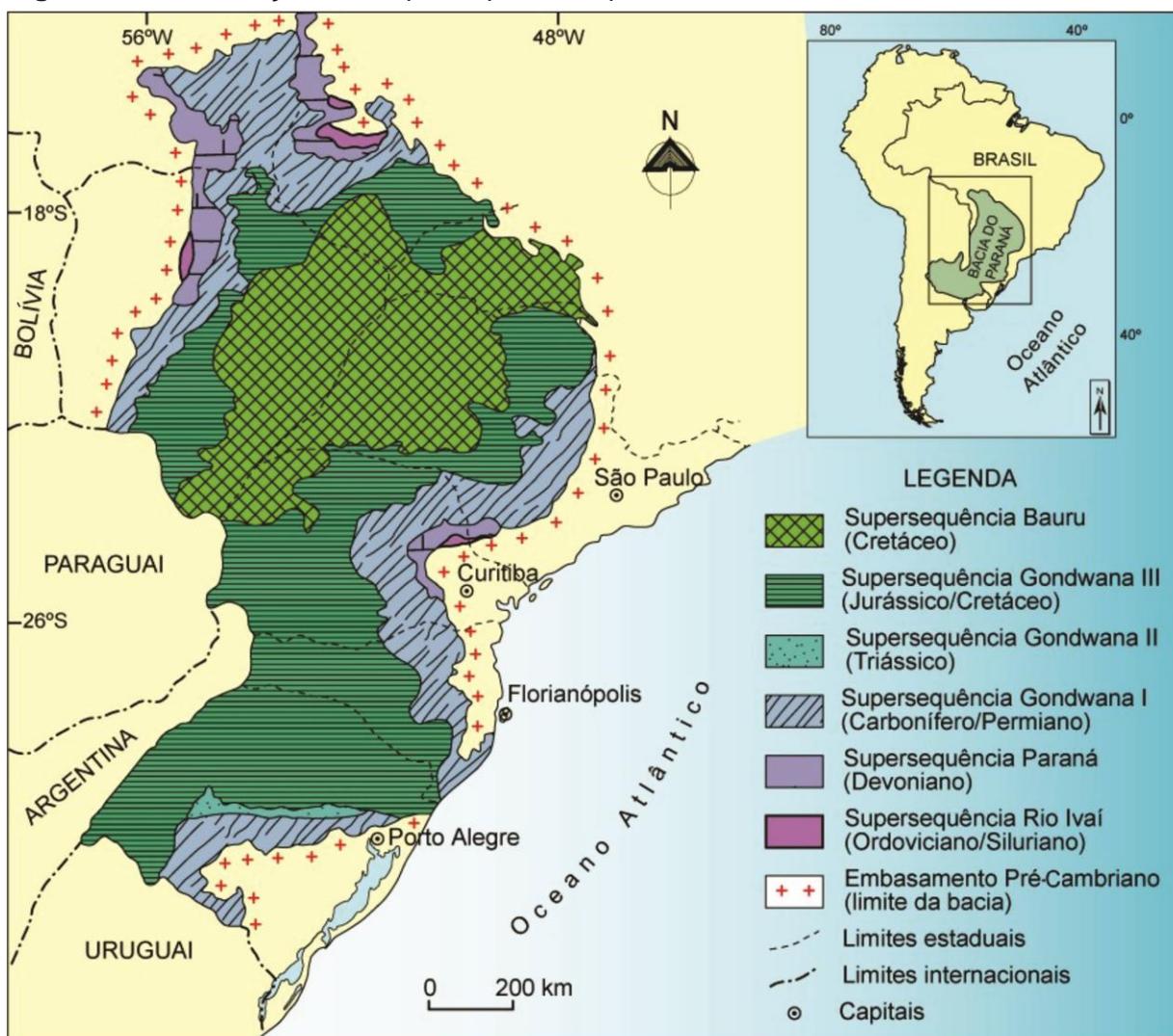
<b>Unidade Mineira</b>	<b>Processo Nº</b>	<b>Tonelagem (x 10<sup>6</sup>)</b>
<b>Arroio Pitangueira</b>	814.965/74	181,733
	810.966/74	146,860
	810.967/74	137,079
<b>Total</b>		<b>465,672</b>
<b>Arroio dos Vimes</b>	810.025/84	161,373
	810.026/84	205,283
	810.031/84	123,990
<b>Total</b>		<b>490,646</b>
<b>Seival II</b>	810.454/79	248,277
	810.455/79	85,547
	810.456/79	15,916
	810.458/79	34,173
<b>Total</b>		<b>383,913</b>
<b>Estância da Glória</b>	<b>814.971/74</b>	<b>231,463</b>

## 6 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Paraná é a maior bacia intracratônica da plataforma sul-americana, com uma área total de aproximadamente 1.700.000 km<sup>2</sup>, distribuída em territórios brasileiro, argentino, uruguaio e paraguaio. Possui direção NE-SW e dimensões de aproximadamente 1.750 km de comprimento por 900 km de largura. No Brasil, ocorre nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em uma área de mais de 1.000.000 km<sup>2</sup>.

A Bacia do Paraná representa uma sucessão sedimentar-magmática com idades entre o Ne-Ordoviciano (465 Ma) e o Neocretáceo (65 Ma), sendo marcada por eventos cíclicos de subsidência e soerguimento, com espessuras da ordem de alguns quilômetros, atingindo até 7.000 m em seu depocentro. Esses eventos cíclicos estão relacionados ao desenvolvimento de seis supersequências, limitadas por discordâncias regionais, que compõem o arcabouço estratigráfico da bacia, denominadas Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru (MILANI, 1997) (Figura 12).

**Figura 12** – Distribuição das supersequências que constituem a bacia do Paraná no Brasil.



Fonte: Modificado de MILANI, 1997.

As supersequências Rio Ivaí, Paraná e Gondwana I (essa última portadora das camadas de carvão) são representadas por sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados a oscilações do nível relativo do mar durante o Paleozoico. As demais

sucessões correspondem a pacotes sedimentares continentais associados a rochas ígneas. As unidades formais da litoestratigrafia, quais sejam grupos, formações e membros, comumente utilizados na descrição do arranjo espacial dos estratos da bacia, inserem-se como elementos particularizados nesse arcabouço aloestratigráfico de escala regional.

A Supersequência Rio Ivaí é um ciclo transgressivo, relacionado à fase rifte da bacia, representado pelo grupo de mesmo nome, que compreende arenitos depositados em ambiente fluvial, transicional e costeiro, diamictitos de origem glacial e folhelhos, hospedando a superfície de inundação máxima.

A Supersequência Paraná, também representada pelo grupo homônimo, constitui um ciclo transgressivo-regressivo e é composta pela Formação Furnas, depositada em ambiente fluvial e transicional (arenitos e conglomerados, com abundantes icnofósseis) e pela Formação Ponta Grossa, constituída, principalmente, por folhelhos e dividida em três membros, dos quais o mais inferior, marinho, corresponde à superfície de inundação máxima do Devoniano.

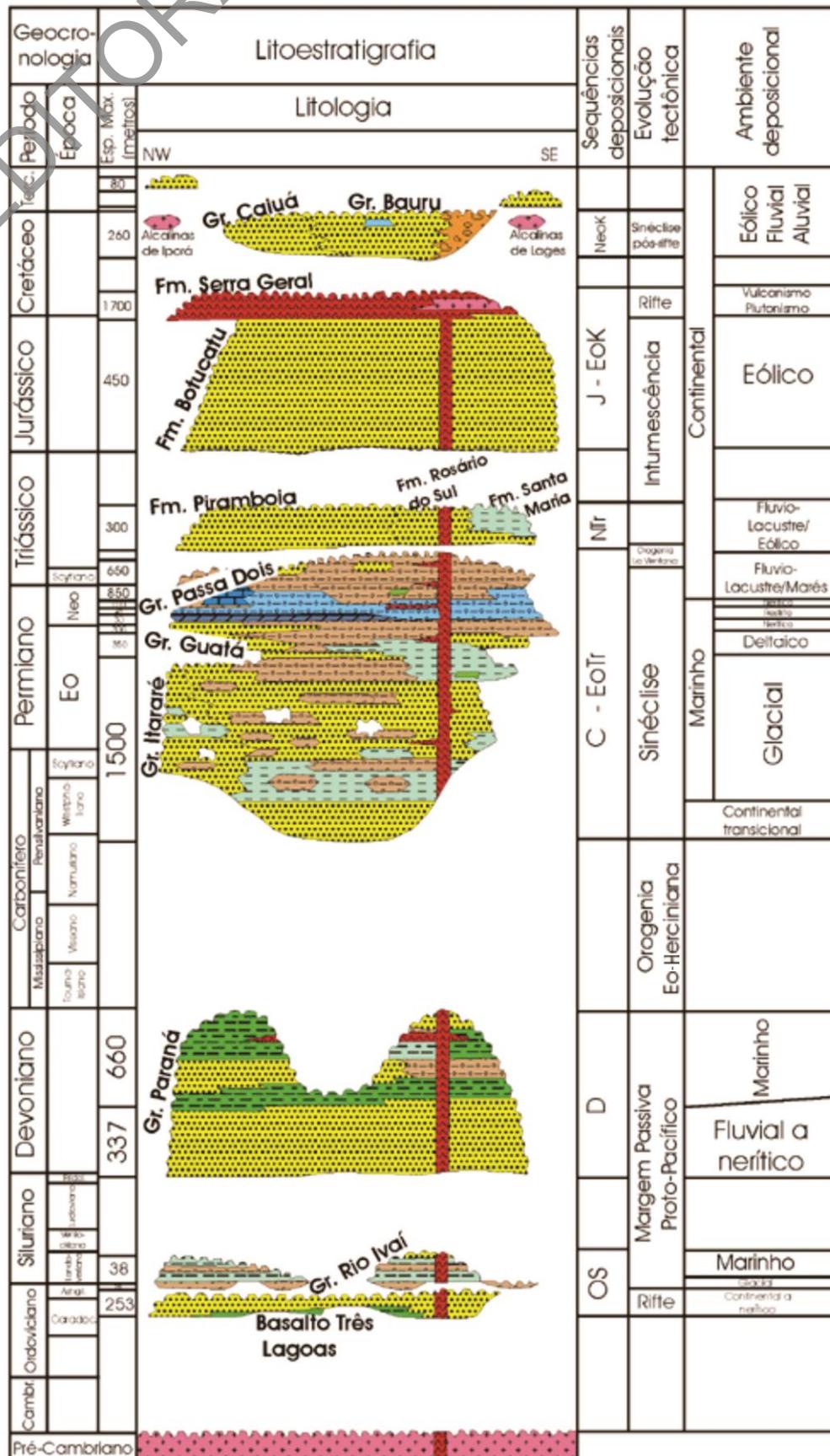
A Supersequência Gondwana I compreende as diversas formações componentes dos grupos Itararé, Guatá e Passa Dois. É o maior pacote de rochas sedimentares da Bacia do Paraná, sedimentologicamente heterogêneo e complexo que registra as mudanças paleoambientais contrastantes através do tempo que ocorreu no continente Gondwana, do período glacial do Carbonífero Superior aos tempos secos e áridos durante o Triássico. A seção inferior da Supersequência Gondwana I é representada por uma sequência de depósitos glaciogênicos incluídos no Grupo Itararé e na Formação Aquidauana. O Grupo Guatá é formado por rochas depositadas em ambiente deltaico, litorâneo e marinho. A parte superior, regressiva, está representada nas rochas marinhas e transicionais do Grupo Passa Dois, registrando ao seu final o início da instalação de clima desértico na bacia.

A Supersequência Gondwana II é representada por red beds de ambiente lacustre de ocorrência local associados a depósitos fluviais e eólicos, com espessuras que atingem até 2.500 m. Essa unidade é a hospedeira das camadas de carvão do sul do Brasil.

A Supersequência Gondwana III corresponde à unidade que marca a abertura do oceano Atlântico e é representada pelo Grupo São Bento, que compreende a Formação Botucatu, composta por arenitos eólicos depositados em ambiente desértico e os derrames de basalto da Formação Serra Geral.

A Supersequência Bauru (Cretáceo Superior) representa um pacote de rochas sedimentares de origem aluvionar, fluvial e eólica que encerra a história deposicional da Bacia do Paraná (Figura 13).

Figura 13 – Carta estratigráfica da bacia do Paraná.

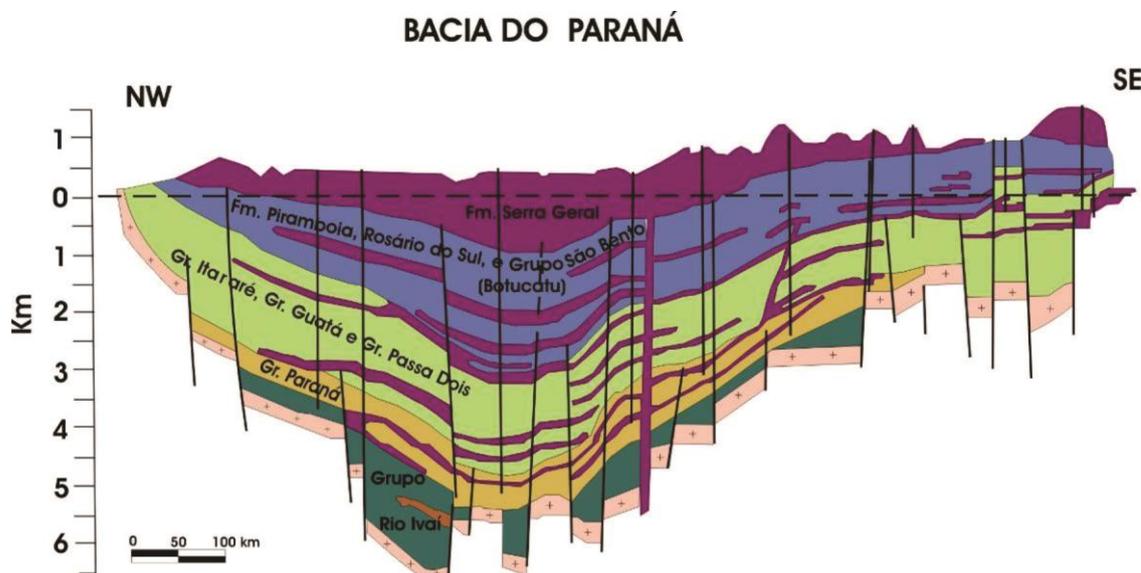


Fonte: BIZZI et al., 2003.

De modo geral, a origem das bacias intracratônicas e seus mecanismos de subsidência estão pouco esclarecidos na literatura, permanecendo temas polêmicos e controversos. As hipóteses estão ligadas a estiramento litosférico, subsidência térmica e variações na distribuição de temperaturas na litosfera, desenvolvendo plumas astenosféricas descendentes com consequente subsidência na superfície.

A maioria dos trabalhos desenvolvidos sobre a evolução da Bacia do Paraná (LACERDA FILHO et al., 2004; MILANI et al., 2007; MILANI, 1997; MILANI; THOMAZ FILHO, 2000) versa sobre o controle tectônico no preenchimento sedimentar da bacia no Rio Grande do Sul e revela o consenso de que a tectônica foi a principal responsável pelo controle de preenchimento da bacia, uma vez que durante a deposição da Supersequência Gondwana I a bacia teria sofrido uma subsidência acelerada devido aos efeitos da Orogenia San Rafaelica (Figura 14).

**Figura 14** – Seção esquemática da bacia do Paraná, apresentando as unidades litoestratigráficas e a compartimentação estrutural.

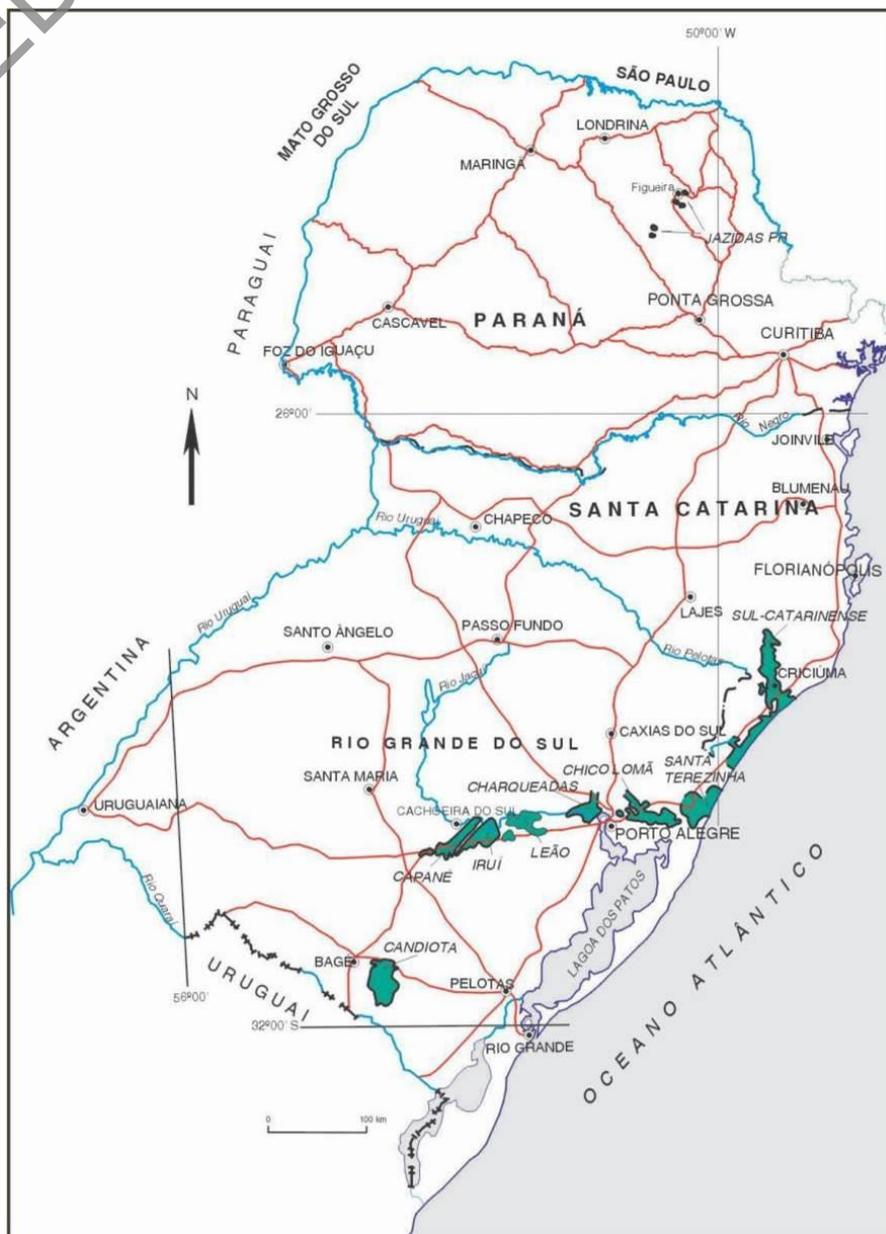


Fonte: BIZZI et al., 2003.

## 7 GEOLOGIA LOCAL

Os principais depósitos de carvão do Brasil estão inseridos no Grupo Guatá, Formação Rio Bonito (início do Sakmariano até o médio Artinskiano), na Supersequência Gondwana I da Bacia do Paraná (Figura 15).

**Figura 15**– Localização dos principais depósitos de carvão mineral do sul do Brasil.



Fonte: GOMES, 2002.

As unidades que constituem a base da Formação Rio Bonito foram depositadas em ambiente fluviodeltaico, em uma associação de fácies composta por ortoconglomerados e arenitos subarcoseanos, com interflúvios de leitos de carvão descontínuos lateralmente ( $< 0,5$  m), além de argilitos. As camadas mais espessas de carvão apresentam espessura superior a 2,5 m e continuidade lateral regional que alcança distâncias superiores a 40 km, estando associadas a horizontes de arenitos quartzosos e argilitos maciços e laminados. Essas fácies representam ambiente de formação em sistema estuarino de barreiras/lagunas com influência de marés e ondas (HOLZ, 2003).

A paleogeografia da bacia foi a responsável pela individualização das diversas jazidas de carvão situadas nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, tanto no que diz respeito ao número de camadas quanto aos tipos de carvão e seus aspectos petrográficos, conteúdos de cinzas e enxofre. O alto teor de enxofre em muitas camadas foi propiciado pela transgressão de águas marinhas nas turfeiras, por rompimento ou destruição das barreiras.

Na jazida de Candiota, além da camada de mesmo nome, que é a mais importante em termos econômicos (bipartida em dois bancos – Candiota Banco Superior (CBS) e Candiota Banco Inferior (CBI) – por um intervalo síltico), ocorrem outras camadas de carvão, sendo até nove camadas superiores (de CS1 até CS9, em ordem ascendente) e até nove inferiores (de CII até CI9, em ordem descendente).

O mergulho regional das camadas de carvão é, de maneira geral, para SSW. Falhas diversas condicionam a tectônica da região e propiciaram a ocorrência de áreas com média cobertura de estéril (50 m a 330 m) diretamente em contato lateral com áreas de baixa cobertura (< 50 m), principalmente ao longo dos flancos leste e oeste da jazida. Na parte sul da jazida as coberturas são superiores a 300 m.

As características físico-químicas do carvão de Candiota são determinadas por sua natureza e grau de evolução metamórfica, classificadas pelo rank na faixa de Carvão Betuminoso de Alto Volátil C, não coqueificável e de boa reatividade, não se prestando à siderurgia, porém de grande aplicabilidade como recurso energético, não apresentando Free-Swelling Index (FSI). O seu alto teor de cinzas é da ordem de 52% no ROM e os teores de enxofre, menores do que 2%. O carvão produzido atualmente em Candiota é denominado 3.200 (cal/g), sendo que, pela homogeneidade do minério, espera-se que a porção da jazida nas áreas da CPRM tenha características semelhantes.

## 8 PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS

Neste capítulo, apresenta-se o processo de resgate e conversão dos dados analógicos que constituíam integralmente os arquivos do projeto para arquivos digitais.

São descritas, também, as formas de conversão de diferentes tipos de dados para buscar as padronizações necessárias à realização da modelagem geológica. Os dados analógicos utilizados foram obtidos no acesso livre do acervo institucional da CPRM (CPRM, 1982a; 1982b; 1983a; 1983b; 1983c; 1983d; 1983e; 1983f; 1984b; 1984c; 1986a; 1986b; 1987a; 1987b; 1988; 1998), que contém documentações técnicas digitalizadas publicadas desde a década de 1980. Apenas os relatórios dos blocos Arroio dos Vimes (CPRM, 1987a) e Arroio Pitangueira (CPRM, 1983a) ainda não se encontram no acervo institucional da empresa.

A partir desses relatórios foram extraídos temas ligados às áreas de interesse, por meio de um sistema de busca específico. De posse dos relatórios, procedeu-se à leitura para seleção de temas e dados de interesse para reavaliação do potencial da área e dos recursos geológicos do depósito. Os dados selecionados incluem os relatórios finais de pesquisa do Projeto Grande Candiota e os anexos relacionados a esses relatórios (mapas, perfis de sondagem e certificados de análises).

### 8.1 FUROS DE SONDAGEM

Entre o final da década de 1970 e meados dos anos de 1980, foram realizados diversos furos de sondagem pela CPRM, como também por outras empresas, na região do depósito de Candiota. Para o presente trabalho foram selecionados os furos inseridos nas áreas da CPRM e aqueles adjacentes, totalizando 323 furos (40.034,63 m) (Quadro 4).

Os furos selecionados foram executados por sondas rotativas diamantadas, no período de 01 de agosto de 1978 a 16 de junho de 1984, pelos seguintes projetos: Candiota (furos sigla CD) e Grande Candiota (furos siglas BC, HN, HV, SC, SV e TR).

Os testemunhos encontram-se preservados, à exceção dos intervalos de carvão analisados, que foram amostrados em sua totalidade para realização dos ensaios analíticos. Atualmente, os testemunhos encontram-se armazenados na Litoteca Regional da CPRM em Caçapava do Sul (RS), onde também estão armazenados cerca de 250 mil m de testemunhos de sondagem de diversos projetos.

Quadro 4 – Furos selecionados para a modelagem do depósito de Candiota

Nº	Furo	Metros (m)	Nº	Furo	Metros (m)	Nº	Furo	Metros (m)	Nº	Furo	Metros (m)	Nº	Furo	Metros (m)
1	BC-001-RS	40	66	HN-035-RS	39	131	HV-033-RS	251,5	196	SC-051-RS	150,8	261	SV-002-RS	41,55
2	BC-002-RS	27,45	67	HN-036-RS	50,6	132	HV-034-RS	294,31	197	SC-052-RS	129,5	262	SV-003-RS	15,35
3	BC-003-RS	37,7	68	HN-039-RS	79,8	133	HV-042-RS	417,4	198	SC-053-RS	46,95	263	SV-004-RS	47,15
4	BC-004-RS	28,5	69	HN-040-RS	48	134	HV-045-RS	262	199	SC-054-RS	98,6	264	SV-005-RS	41,4
5	BC-005-RS	42,3	70	HN-041-RS	45	135	HV-047-RS	328	200	SC-055-RS	128	265	SV-006-RS	62,2
6	BC-006-RS	30	71	HN-042-RS	66,8	136	HV-050-RS	258	201	SC-056-RS	115	266	SV-007-RS	129,75
7	BC-007-RS	37,35	72	HN-043-RS	88,85	137	HV-051-RS	247,5	202	SC-057-RS	163	267	SV-008-RS	89,7
8	BC-008-RS	29,3	73	HN-044-RS	182,1	138	HV-052-RS	387,5	203	SC-058-RS	97	268	SV-009-RS	94,3
9	BC-009-RS	51,21	74	HN-045-RS	159,62	139	HV-054-RS	416,1	204	SC-059-RS	106,35	269	SV-012-RS	85
10	BC-010-RS	51,75	75	HN-046-RS	70,7	140	HV-055-RS	321	205	SC-060-RS	62,9	270	SV-013-RS	90
11	BC-011-RS	52,63	76	HN-047-RS	95,2	141	HV-056-RS	396	206	SC-061-RS	239,35	271	SV-014-RS	89
12	BC-012-RS	41,6	77	HN-049-RS	38	142	HV-057-RS	327	207	SC-062-RS	49,6	272	SV-018-RS	21,05
13	BC-013-RS	44,95	78	HN-050-RS	26,1	143	HV-058-RS	374,1	208	SC-063-RS	52,5	273	SV-019-RS	70
14	BC-014-RS	39,27	79	HN-052-RS	51,7	144	HV-059-RS	375,6	209	SC-064-RS	223,6	274	SV-020-RS	38,3
15	BC-015-RS	40,95	80	HN-053-RS	82,7	145	HV-060-RS	353	210	SC-066-RS	257,6	275	SV-021-RS	100,5
16	BC-016-RS	37,9	81	HN-054-RS	90	146	SC-001-RS	361,25	211	SC-067-RS	154	276	SV-024-RS	94,4
17	BC-017-RS	40,8	82	HN-055-RS	105	147	SC-002-RS	241,65	212	SC-068-RS	231	277	SV-027-RS	86,5
18	BC-018-RS	20	83	HN-056-RS	85	148	SC-003-RS	240	213	SC-070-RS	207,58	278	SV-030-RS	31,85
19	BC-019-RS	34,7	84	HN-062-RS	20	149	SC-004-RS	189,05	214	SC-071-RS	142,33	279	SV-034-RS	69,85
20	BC-021-RS	25,25	85	HN-063-RS	49,15	150	SC-005-RS	179,2	215	SC-072-RS	143,56	280	SV-037-RS	82,2
21	BC-023-RS	23,25	86	HN-066-RS	47,6	151	SC-006-RS	218,35	216	SC-073-RS	313,8	281	SV-041-RS	54,15
22	BC-025-RS	49,42	87	HN-070-RS	100	152	SC-007-RS	138,36	217	SC-074-RS	118,5	282	SV-045-RS	53
23	BC-026-RS	30,94	88	HN-071-RS	84,2	153	SC-008-RS	157,25	218	SC-075-RS	297,51	283	SV-049-RS	81,35
24	BC-027-RS	36,8	89	HN-077-RS	64	154	SC-009-RS	98,4	219	SC-076-RS	231,85	284	SV-052-RS	58
25	CD-001-RS	66,44	90	HN-084-RS	77	155	SC-010-RS	137,69	220	SC-077-RS	267,88	285	SV-062-RS	51
26	CD-002-RS	89,8	91	HN-085-RS	61	156	SC-011-RS	113,74	221	SC-079-RS	214,4	286	SV-111-RS	60
27	CD-003-RS	101,35	92	HN-091-RS	60	157	SC-012-RS	95	222	SC-080-RS	204,4	287	SV-300-RS	80,7
28	CD-004-RS	83,7	93	HN-104-RS	99	158	SC-013-RS	342,5	223	SC-081-RS	240,4	288	SV-301-RS	73,45
29	CD-005-RS	160,3	94	HN-110-RS	28	159	SC-014-RS	277	224	SC-082-RS	142,18	289	SV-302-RS	100,25
30	CD-006-RS	228,15	95	HN-120-RS	98	160	SC-015-RS	193	225	SC-083-RS	80,95	290	SV-303-RS	89
31	CD-007-RS	322	96	HN-121-RS	50	161	SC-016-RS	79,7	226	SC-085-RS	125,05	291	SV-304-RS	93,5
32	CD-008-RS	117,05	97	HN-123-RS	66	162	SC-017-RS	293,18	227	SC-086-RS	58	292	SV-305-RS	150,2
33	CD-009-RS	152,25	98	HN-124-RS	83	163	SC-018-RS	171	228	SC-087-RS	84	293	SV-306-RS	113,9
34	HN-002-RS	106,45	99	HN-125-RS	59	164	SC-019-RS	105,65	229	SC-088-RS	206,05	294	SV-307-RS	87
35	HN-003-RS	205,75	100	HN-126-RS	75	165	SC-020-RS	156,25	230	SC-089-RS	164,49	295	SV-308-RS	144,3
36	HN-004-RS	186,95	101	HN-127-RS	89	166	SC-021-RS	53,9	231	SC-090-RS	154,25	296	SV-309-RS	155
37	HN-005-RS	183	102	HN-128-RS	30	167	SC-022-RS	194,55	232	SC-100-RS	200	297	SV-310-RS	84
38	HN-006-RS	144,7	103	HN-129-RS	53	168	SC-023-RS	87,38	233	SC-101-RS	313	298	SV-311-RS	95,3
39	HN-007-RS	129,85	104	HN-134-RS	88	169	SC-024-RS	121,9	234	SC-102-RS	143,6	299	SV-312-RS	71
40	HN-008-RS	107	105	HN-135-RS	100	170	SC-025-RS	145,3	235	SC-103-RS	239	300	SV-313-RS	89,1
41	HN-009-RS	121,3	106	HN-136-RS	103	171	SC-026-RS	53,23	236	SC-104-RS	188	301	SV-314-RS	72
42	HN-010-RS	108,05	107	HN-138-RS	80	172	SC-027-RS	112,75	237	SC-105-RS	249	302	SV-315-RS	55,8
43	HN-011-RS	81,05	108	HN-139-RS	68	173	SC-028-RS	132,3	238	SC-106-RS	49,5	303	SV-316-RS	64,8
44	HN-012-RS	60,65	109	HN-147-RS	65,8	174	SC-029-RS	149	239	SC-107-RS	99	304	SV-317-RS	44,5
45	HN-013-RS	78,32	110	HN-148-RS	99,45	175	SC-030-RS	174	240	SC-108-RS	95,5	305	SV-318-RS	62,7
46	HN-014-RS	132,15	111	HN-149-RS	107	176	SC-031-RS	232	241	SC-109-RS	146,1	306	SV-319-RS	122,2
47	HN-015-RS	70,03	112	HN-150-RS	104	177	SC-032-RS	310	242	SC-110-RS	105	307	SV-320-RS	44,8
48	HN-016-RS	91,84	113	HN-151-RS	106,6	178	SC-033-RS	211,85	243	SC-111-RS	144	308	SV-321-RS	52,4
49	HN-018-RS	173,23	114	HN-154-RS	97	179	SC-034-RS	71	244	SC-112-RS	187	309	SV-322-RS	159,1
50	HN-019-RS	123,2	115	HN-157-RS	121	180	SC-035-RS	98,4	245	SC-113-RS	180	310	SV-323-RS	40,7
51	HN-020-RS	157,2	116	HN-159-RS	117	181	SC-036-RS	78	246	SC-114-RS	52	311	SV-324-RS	58,35
52	HN-021-RS	119,25	117	HN-160-RS	112	182	SC-037-RS	46	247	SC-115-RS	184,2	312	SV-325-RS	53,25
53	HN-022-RS	174,2	118	HN-162-RS	138	183	SC-038-RS	86	248	SC-116-RS	71,4	313	SV-326-RS	28,3
54	HN-023-RS	186,55	119	HV-021-RS	320	184	SC-039-RS	144	249	SC-117-RS	63	314	SV-327-RS	36,3
55	HN-024-RS	239,65	120	HV-022-RS	192,74	185	SC-040-RS	118	250	SC-118-RS	63,5	315	SV-328-RS	27,15
56	HN-025-RS	194,7	121	HV-023-RS	167,16	186	SC-041-RS	74,97	251	SC-119-RS	66,3	316	SV-329-RS	131,7
57	HN-026-RS	88,8	122	HV-024-RS	193,74	187	SC-042-RS	73,42	252	SC-120-RS	50,5	317	SV-330-RS	51,4
58	HN-027-RS	109,8	123	HV-025-RS	206,07	188	SC-043-RS	46,83	253	SC-123-RS	174	318	SV-331-RS	61,85
59	HN-028-RS	150,5	124	HV-026-RS	224,1	189	SC-044-RS	44,85	254	SC-124-RS	39,5	319	SV-332-RS	134
60	HN-029-RS	23,16	125	HV-027-RS	218,8	190	SC-045-RS	69,09	255	SC-125-RS	99,8	320	SV-333-RS	110,7
61	HN-030-RS	35,35	126	HV-028-RS	247,1	191	SC-046-RS	76,8	256	SC-126-RS	122	321	TR-001-RS	125,4
62	HN-031-RS	108,9	127	HV-029-RS	325,35	192	SC-047-RS	81,5	257	SC-127-RS	130	322	TR-002-RS	130,8
63	HN-032-RS	41,62	128	HV-030-RS	261,5	193	SC-048-RS	97,5	258	SC-128-RS	152	323	TR-003-RS	158,2
64	HN-033-RS	32,35	129	HV-031-RS	319	194	SC-049-RS	91	259	SC-129-RS	212			
65	HN-034-RS	56	130	HV-032-RS	379,21	195	SC-050-RS	132	260	SV-001-RS	22,05			

### 8.1.1 Resgate dos perfis descritivos dos furos de sondagem

O acervo físico dos perfis descritivos dos furos de sondagem originais encontra-se na Biblioteca da Superintendência Regional de Porto Alegre (RS). Os perfis foram confeccionados em rolos de três tipos de papel: papel vegetal claro de gramatura 75, papel vegetal claro de gramatura 90 ou papel fotossensível da máquina de reprografia. Os perfis também se apresentam escaneados em arquivos .PDF no acesso livre do acervo institucional da CPRM.

Os perfis descritivos são compostos por um cabeçalho (Figura 16) e, na maioria dos casos, por três perfis com as descrições mesoscópicas em escalas diferentes. Procedeu-se à descrição em escala 1:500.000 para todo o furo (Figura 17) e em escala 1:100.000 somente para a Formação Rio Bonito (Figura 18). Já em escala 1:20.000 foram descritos detalhadamente os principais leitos e camadas de carvão (Figura 19). Ainda constam, na maioria dos furos, perfis geofísicos de raios gama, potencial espontâneo e resistência, em escala 1:500.000 em todo o furo (Figura 17) e em 1:100.000 na Formação Rio Bonito (Figura 18).

Figura 16 – Exemplo do cabeçalho do perfil descritivo do furo de sondagem.



**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS**  
Superintendência Regional de Porto Alegre  
**PROJETO GRANDE CANDIOTA**  
ÁREA PASSO DA CONCEIÇÃO

---

**PERFIL DESCRITIVO DE FURO DE SONDA**

---

**FURO BC - 21 - RS**

Camadas de carvão	Cota da laje (m)	Camada total (m)	Carvão na camada (m)	Recup. %
A	210,70	2,27	1,89	100
A	206,92	3,20	3,02	96,6
B	204,34	0,99	0,93	95,2
C	202,36	0,45	0,35	92,7
D	201,22	0,95	0,88	100

Escala vertical 1: 500 de 0,00 m a 25,25 m  
Escala vertical 1: 100 de 0,00 m a 25,25 m

**Perfilagem geofísica** - Técnico responsável: DIONALDO SOUZA  
Data: 24/08/81

GAMA	SP	RTC	RTV
Escala de sensibilidade	10 cps/div	10 Ω/div	
Constante de tempo	2 s		
Velocidade de registro	2,00 m/min	2 m/min	
Prof. Inicial/Pr.Final	24,50 m / 1,20 m	25,00 m / 1,800 m	
Sonda	WIDCO 3 200	Nº 36	

**ANEXO**

---

Município: PINHEIRO MACHADO - RS  
Localidade: PINHEIRO MACHADO  
Coordenadas planas: N: 6.499.408,00  
Faixa UTM 22: E: 248.466,00  
(Seq. SAD-69)  
Cota da boca: 224,76 m

Chefe do Projeto: Geól. ARAMIS P. GOMES  
Descrição litológica: Geól. MARCO AURÉLIO S. SILVA  
Desenho: Visto:

Profundidade final: 25,25 m  
Diâmetros N  
Sonda: GEOSOL - CRISTHENSEN 30 Nº 39  
Início: 20/08/81 Término: 24/08/81

---

**CONVENÇÕES**

<p>SOLO</p> <p>CARVÃO</p> <p>FOLHELHO</p> <p>SILTITO</p> <p>ARENITO FINO</p> <p>ARENITO MÉDIO</p> <p>ARENITO GROSSO</p>	<p>LAMITO OU ARGILITO</p> <p>CONGLOMERADO</p> <p>DIAMICTITO</p> <p>VARVITO</p> <p>DIABÁSIO</p> <p>EMBASAMENTO</p> <p>CALCÁRIO OU MARGA</p>	<p>LAMIN. CONVOLUTA</p> <p>LAMIN. PARALELA</p> <p>LAMIN. CRUZADA</p> <p>LAMIN. LENTICULAR</p> <p>LAMIN. ONDULADA</p> <p>TUBO DE VERME</p> <p>ESTRAT. PARALELA</p> <p>ESTRAT. CRUZADA</p>	<p>ROCHA MICÁCEA</p> <p>ROCHA CARBONOSA</p> <p>RESTOS VEGETAIS</p> <p>FÓSSEIS EM GERAL</p> <p>CORTE E PREENCHIMENTO</p> <p>SUPERFÍCIE DE ESCORREGAMENTO</p> <p>PILARES</p>	<p>ESTRUTURA DE CARGA</p> <p>ESTRUTURA FLASER</p> <p>NÓDULOS E CONCREÇÕES</p> <p>GALHA DE ARGILA</p> <p>BRECHA DE FALHA</p> <p>LÂMINA DE CARVÃO</p> <p>ESTILOLITO</p> <p>DISSE</p>
---	--	--	--	--

Figura 17 – Exemplo de descrição do furo em escala 1:500.000.

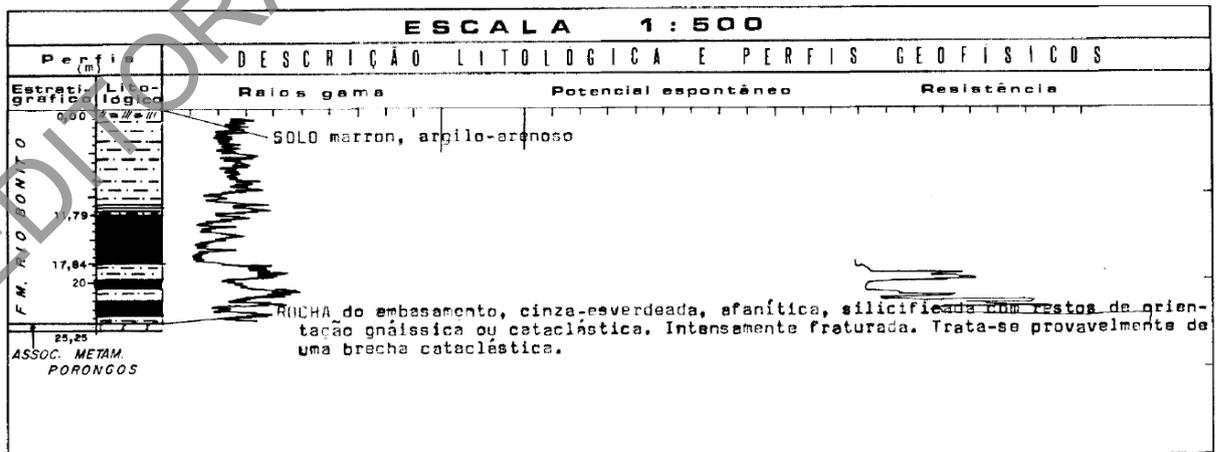
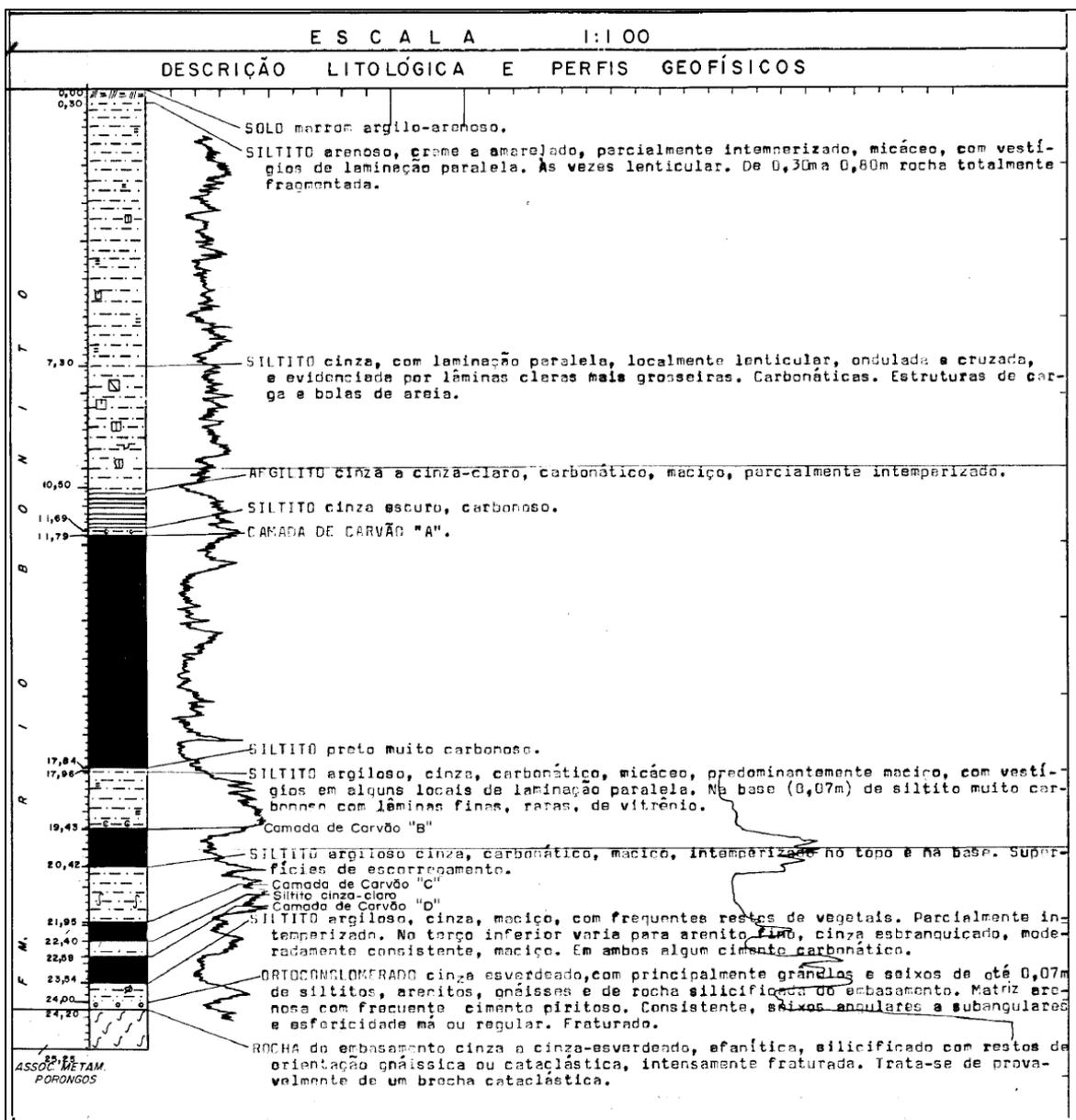
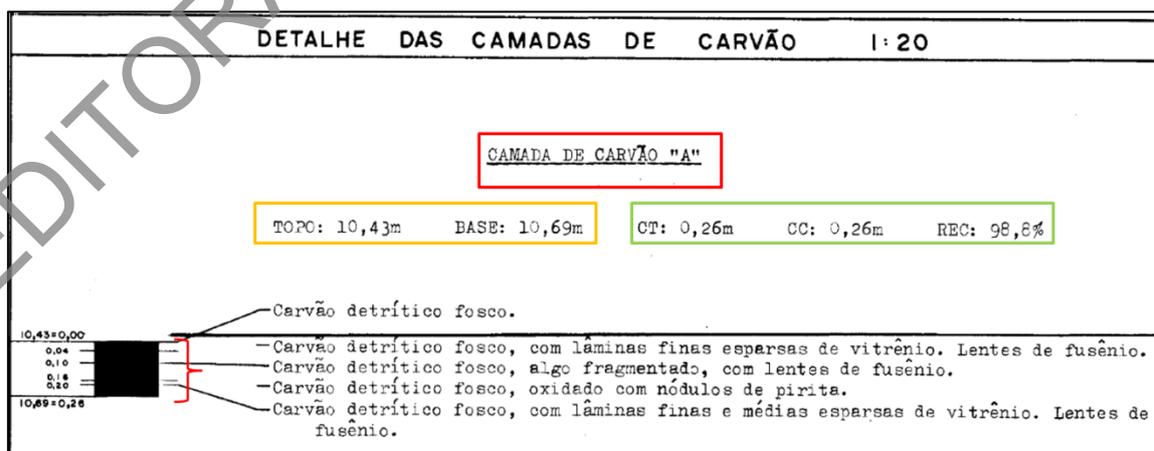


Figura 18 – Exemplo de descrição do furo em escala 1:100.000.



**Figura 19** – Exemplo de descrição das camadas de carvão em escala 1:20.000.

Notas: Retângulo vermelho: nome da camada de carvão no furo; retângulo laranja: topo e base da camada de carvão; retângulo verde: informações de Camada Total (CT), Carvão na Camada (CC) e recuperação da camada de carvão; chaves vermelhas: log do intervalo de carvão.

Na recuperação e digitação dos dados, as informações contidas nos perfis descritivos foram desmembradas em duas tabelas (Quadro 5):

- *Collar*: digitadas as coordenadas da boca do furo e a profundidade; não foram digitadas as demais informações contidas no cabeçalho do perfil de descrição, devido ao apertado cronograma de trabalho.
- Camadas de Carvão: digitados os intervalos das camadas de carvão descritos na escala 1:20.000, com informações de Camada Total (CT), Carvão na Camada (CC), Recuperação, nome da camada de carvão no furo (A, B, C...) e nome da camada interpretada (CBS, CBI, CI2, CS1...). Nessa tabela também foram digitados os dados de Estratigrafia (ESTRAT.) e Litologia (LITO) do último intervalo descrito nos furos.

**Quadro 5** – Forma de apresentação das informações contidas nos perfis descritivos

Tabela	Colunas	Descrição do Conteúdo da Coluna
Collar	BHID	Nome do furo
	CoordX	Coordenada X (E-W) em Córrego Alegre
	CoordY	Coordenada Y (N-S) em Córrego Alegre
	Cota	Cota em metros
	LENGTH	Profundidade final do furo
	Obs Collar	Observação sobre as informações recuperadas na tabela Collar
Camadas de Carvão	BHID	Nome do furo
	FROM	Início do intervalo "De"
	TO	Fim do intervalo "Até"
	ESTRAT.	Unidade estratigráfica do último intervalo do furo
	LITO	Camada de carvão no furo (A, B). Litotipo do último intervalo do furo
	CARVÃO	Nome da camada de carvão interpretada (CBS, CBI, CI2, CS1...)
	CT	Espessura da camada total
	CC	Espessura do carvão contido na camada
REC	Recuperação do intervalo da camada de carvão	
Obs Carvão	Observação sobre as informações recuperadas na tabela	

Na maioria dos casos, o perfil descritivo do furo não continha a informação da camada de carvão interpretada. A fim de resolver essas pendências, buscaram-se esses dados em outras tabelas contidas nos relatórios finais de pesquisa (Figura 20). As informações encontradas foram colocadas em outra coluna, denominada CARV\_TAB, para discriminar a origem da

interpretação das camadas. Essas tabelas são resumos das informações das camadas de carvão interceptadas nos furos e nelas constam somente suas interpretações com a camada identificada. No entanto, pela ausência de informações, alguns furos ficaram sem esses dados e, ao comparar essas tabelas com os perfis descritivos, notaram-se algumas divergências entre os dados, as quais foram solucionadas durante a fase de modelagem geológica, com utilização do software Strata 3D, específico para se proceder a correlações entre as camadas de carvão.

**Figura 20** – Exemplo de tabela que resume as informações das camadas de carvão nos furos.

FURO			SC-08-PS	SC-10-PS	SC-18-PS	SC-19-RS	SC-70-RS	SC-71-PS
COORDENADAS	UTM	N	6.492.000	6.495.000	6.491.000	6.494.000	6.491.066	6.493.536
		E	248.000	236.000	243.000	238.000	248.933	244.827
COTAS	BOCA	m	152,44	149,42	156,22	117,53	178,08	128,48
	TOPO FM RIO BONITO	m	52,04	77,17	28,52	61,05	53,38	39,58
	BASE FM RIO BONITO	m	-4,81	17,17	-13,02	14,35	5,56	-10,67
	TOPO EMBASAMENTO	m	> 4,81	15,22	-13,02	14,35	-28,92	-10,67
PROFUNDIDADE		m	157,25	137,69	171,00	105,65	207,58	142,33
CS <sub>4</sub>	COTA DA LAPA	m		60,12				
	CAMADA TOTAL	m		1,06 A				
	RECUPERAÇÃO	%	NEG	100	NEG	NEG	NEG	NEG
CS <sub>3</sub>	COTA DA LAPA	m		58,89 *				
	CAMADA TOTAL	m		0,03				
	RECUPERAÇÃO	%	NEG	0,03 L <sub>1</sub>	NEG	NEG	NEG	NEG
CS <sub>2</sub>	COTA DA LAPA	m		57,07 *	12,02			
	CAMADA TOTAL	m		0,30 L <sub>2</sub>	0,69 A			
	RECUPERAÇÃO	%	NEG	0,15 *	0,56	NEG	NEG	NEG
CS <sub>1</sub>	COTA DA LAPA	m		49,67	9,01	37,07		20,52
	CAMADA TOTAL	m		0,95 B	0,71 B	0,22 A	NEG	0,56 A
	RECUPERAÇÃO	%	NEG	0,71	98,7	99,0		100
CBS	COTA DA LAPA	m	31,04	43,28	2,92	31,35	33,87 A	14,43
	CAMADA TOTAL	m	3,75 A	2,66 D	3,20 D	2,38 C	0,24 +	2,55 B
	RECUPERAÇÃO	%	3,25	2,48	3,14	2,25 C	0,24 L <sub>1</sub>	2,46
CBI	COTA DA LAPA	m	26,89	39,55	-0,78 D	25,55	29,98	10,73
	CAMADA TOTAL	m	2,14 A	3,31 D	2,83 +	2,32 C	3,59 A	3,25 B
	RECUPERAÇÃO	%	1,70	3,04	2,60 E	2,29 C	3,31	3,03 B
		%	100	100	100	100	100	100

## 8.2 Resgate dos Resultados Analíticos

Na época do projeto, ensaios tecnológicos e análises foram realizados nos intervalos representativos de carvão em seis laboratórios: Lavador de Capivari S.A. (Tubarão, SC), Indústria e Comércio de Coque Criciúma Ltda. (Criciúma, SC), Laboratório de Análises Mineraias (LAMIN) (Rio de Janeiro, RJ), Laboratório da Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC) (Porto Alegre, RS), Laboratório de Análises e Ensaios de Carvão (LAEC) (Criciúma, SC), Laboratório de Aços Finos Piratini (Charqueadas, RS) (Figura 21).

Na maior parte das amostras efetuaram-se ensaios de “afunda-flutua” e peso específico, de acordo com a seguinte sistemática:

- Britagem a 3,175 mm (1/8”), com separação por peneiramento em duas porções: partículas maiores e menores do que 0,074 mm (200 mesh). Os grosseiros foram flutuados em líquidos de densidades conhecidas: 1,65; 1,85 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Dessa maneira, foram geradas quatro faixas densimétricas na fração maior do que 200 mesh e apenas uma faixa com a fração menor do que 200 mesh, totalizando cinco amostras derivadas da amostra original.
- Nos grosseiros flutuados nas várias faixas densimétricas e nas partículas menores do que 0,074 mm foram determinados os teores de cinzas e enxofre. Nas porções mais leves, estabeleceu-se o conteúdo de matéria volátil. Determinou-se, também, o peso específico da camada total e da fração flutuada em 1,85 g/cm<sup>3</sup>.

- Em algumas amostras, determinaram-se o poder calorífico e a porcentagem de umidade higroscópica.

**Figura 21** – Certificados dos ensaios de afunda-flutua, peso específico e FSI emitidos pelos laboratórios Lavador de Capivari, Análises e Ensaios de Carvão (LAEC) e Análises Minerai (LAMIN).

**Lavador de Capivari S. A.**  
TUBARÃO - Santa Catarina

DEPARTAMENTO DE LABORATÓRIO

BOLETIM DE ANÁLISE E ENSAIO N. 1.694/82

**CARACTERÍSTICAS:**  
 Amostra n° : Furo SV - 300 - RS - Camada A  
 Procedência : G. P. R. N.  
 Local da Coleta :  
 Data da Coleta :  
 Tipo de Carvão : Testemunho de Sondagem  
 Peso da Amostra : 3,240 g  
 Data da Análise : Julho/82

**AMOSTRA DE CABEÇA:**  
 Granulometria : 1/8" x 0 - Britado  
 % Cinzas :  
 % Enxofre :  
 % Matéria Volátil :  
 Peso Específico Camada : 1,86  
 Peso Específico Fração : - 1,85 : 1,55  
 Peso Específico Fração :

**RESUMO DO ENSAIO** Fração: 1/8" x 200 Mesh

DENSIDADES	PORCENTAGENS				FSI
	Peso	Cinza	Enxofre	M. Volátil	
- 1,65	7,75	15,5	1,60	35,4	-
1,65 x 1,85	21,58	42,2	1,13	-	-
1,85 x 2,10	40,59	56,3	0,85	-	-
+ 2,10	21,66	72,0	6,00	-	-
200 Mesh x 0	8,42	60,2	2,43	-	-
TOTAL	100,00	53,8	2,22	-	-

**NOTA:** ESTES RESULTADOS ANALITICOS SÃO RESERVADOS AS AMOSTRAS RECEBIDAS EM NOSSO LABORATORIO.

VISTO  
*[Assinatura]*  
 Eng. Antônio S. Mello  
 Diretor de Serviço  
 LAVADOR DE CAPIVARI S.A.

**SOCIEDADE DE ASSISTÊNCIA AOS TRABALHADORES DO CARVÃO - SAIC**  
CRICIÚMA - SANTA CATARINA

LABORATÓRIO DE ANÁLISES E ENSAOS DE CARVÃO - LAEC

BOLETIM DE ANÁLISE E ENSAIO PROC. N° 1227/82

Amostra n° : SV-305-RS-Camada A Local da coleta :  
 Procedência : C P R M Data da análise : 11/1982  
 Descrição : Testemunho Sonda Peso da amostra (kg) : 4,205  
 SV-305-RS

**ANÁLISE DE CABEÇA**  
 Granulometria : 1/8" x 200 mesh brit. % Enxofre : -  
 % Umidade : - Peso esp. camada : 2,01  
 % Cinzas (b.a.) : - Peso esp. da fração < 1,85 : 1,79  
 % Mat.volat.(b.a.): - Peso esp. da fração : -

**ENSAIO AFUNDA FLUTUA**

DENSIDADE	PORCENTAGENS				FSI
	PESO	CINZA	ENXOFRE	MAT. VOL.	
< 1,65	23,73	30,56	0,99	29,59	6,93
1,65 x 1,85	13,81	43,54	0,70	24,03	3,69
1,85 x 2,10	8,95	53,90	0,73	-	3,80
> 2,10	35,91	63,52	13,64	-	1,18
(200x0) mesh	17,60	59,71	2,67	-	10,37
TOTAL	100,00	51,61	2,75	-	-

Criciúma, 30 de Novembro de 1982  
*[Assinatura]*  
 IOLANDA DILV FERREIRA  
 QUÍMICA RESPONSÁVEL  
 REG. N.º 05072044 - CREA 37. 0. 198

**LABORATÓRIO CENTRAL DE ANÁLISES MINERAIS - LAMIN**  
CPRM

RESULTADOS DE ANÁLISES

BOLETIM: 714b/LAMIN/82  
 REFERÊNCIA : Memo.1311/SURSG/Rq/82  
 INTERESSADO : Proj. Grande Candiota - cc:4038,050  
 AMOSTRA N° : SV-307-RS-Camada-F-(obs) Pacote 02  
 PROCEDÊNCIA :  
 TIPO DA AMOSTRA :

DATA: 24/11/82 ANALISTA: Sandra Regina Ribeiro

GRANULOMETRIA	PESO BS %	CINZA BS %	MATÉRIA VOLÁTIL %	UMIDADE HIGROSCÓPICA %	CARBONO FIXO %	ENXOFRE BS %	FSI	PESO ESPECÍFICO (DENSIDADE)	PESO ESPECÍFICO (RELATIVIDADE)	PODER CALORÍFICO SUPERIOR cal/g
AMOSTRA DE CABEÇA		50,0				1,71				3,465
- 1,65	10,0	19,8	27,0			0,75				
1,65 - 1,85	19,2	43,6	21,1			0,57				
1,85 - 2,10	38,3	59,9				0,44				
+ 2,10	13,4	71,1				9,02				
- 1,85										4,292
200 Mesh x 0	3,4	52,3				1,55				
TOTAL	92,7	49,8				1,81				

OBS: 1. Os resultados acima referem-se à amostra recebida pelo Laboratório.  
 2. BS - base seca  
 /mg

No resgate das informações de análises, foram identificadas 552 amostras analisadas relacionadas aos furos selecionados. Destas, 154 foram analisadas em faixas densimétricas diferentes da sistemática retromencionada (Tabela 8).

**Tabela 8** – Faixas densimétricas das análises realizadas nas amostras dos furos selecionados para a modelagem

<b>Faixas Densimétricas (g/cm<sup>3</sup>)*</b>	<b>Amostras</b>
< 1,65 1,65-1,85 1,85-2,10 > 2,10	398
< 1,85 > 1,85	118
< 1,50 1,50-1,65 1,65-1,85 1,85-2,10 > 2,10	14
< 1,60 1,60-1,85 1,85-2,10 > 2,10	14
< 1,50 1,50-1,65 1,65-1,85 1,85-2,00 > 2,00	1
< 1,50 1,50-1,85 1,85-2,00 > 2,00	7

(\*) Todas incluem a fração menor do que 200 *mesh* (0,074 mm).

Todos os resultados foram digitados em base seca, inclusive os que estavam em base úmida nos certificados, os quais foram recalculados para base seca (Quadro 6).

Quadro 6 – Descrição das colunas da tabela Assay

Coluna	Descrição do Conteúdo da Coluna	Coluna	Descrição do Conteúdo da Coluna
BHID	Nome do furo	S1.5-1.85	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,50-1,85 g/cm <sup>3</sup>
ARQUIVO	Nome do arquivo pdf do certificado	S_2.0	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,85-2,00 g/cm <sup>3</sup>
FROM	Início do intervalo "De"	S_+2.0	Conteúdo de enxofre em % da faixa > 2,00 g/cm <sup>3</sup>
TO	Fim do intervalo "Até"	S_-1.85	Conteúdo de enxofre em % da faixa < 1,85 g/cm <sup>3</sup>
CAMADA	Nome da camada analisada no furo	S_+1.85	Conteúdo de enxofre em % da faixa > 1,85 g/cm <sup>3</sup>
CAR/VAO	Interpretação da camada analisada no modelo	S_200	Conteúdo de enxofre em % da faixa < 200 mesh
PESO	Massa da amostra em gramas	S_TOT	Conteúdo de enxofre em % reconstituído
MASS-1.5	Fração percentual da massa da amostra total da faixa < 1,50 g/cm <sup>3</sup>	S_CAB	Conteúdo de enxofre em % da amostra cabeça
MASS-1.6	Fração percentual da massa da amostra total da faixa < 1,60 g/cm <sup>3</sup>	S_CAL	Média ponderada pelo peso do conteúdo de enxofre em %
MASS1.6	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,60-1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOL-1.5	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa < 1,50 g/cm <sup>3</sup>
MASS1.65	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,50-1,65 g/cm <sup>3</sup>	MVOL-1.6	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa < 1,60 g/cm <sup>3</sup>
MASS-1.65	Fração percentual da massa da amostra total da faixa < 1,65 g/cm <sup>3</sup>	MVOL1.6	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,60-1,85 g/cm <sup>3</sup>
MASS1.85	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOL1.65	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,50-1,65 g/cm <sup>3</sup>
MASS2.1	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,85-2,10 g/cm <sup>3</sup>	MVOL-1.65	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa < 1,65 g/cm <sup>3</sup>
MASS+2.1	Fração percentual da massa da amostra total da faixa > 2,10 g/cm <sup>3</sup>	MVOL1.85	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>
M1.5-1.85	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,50-1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOL2.1	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,85-2,10 g/cm <sup>3</sup>
MASS2.0	Fração percentual da massa da amostra total da faixa 1,85-2,00 g/cm <sup>3</sup>	MVOL+2.1	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa > 2,10 g/cm <sup>3</sup>
MASS+2.0	Fração percentual da massa da amostra total da faixa > 2,00 g/cm <sup>3</sup>	MV1.5-1.85	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,50-1,85 g/cm <sup>3</sup>
MASS-1.85	Fração percentual da massa da amostra total da faixa < 1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOL2.0	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa 1,85-2,00 g/cm <sup>3</sup>
MASS+1.85	Fração percentual da massa da amostra total da faixa > 1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOL+2.0	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa > 2,00 g/cm <sup>3</sup>
MASS200	Fração percentual da massa da amostra total da faixa < 200 mesh	MVOL-1.85	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa < ,85 g/cm <sup>3</sup>
MASS_TOTAL	Soma das massas das frações densimétricas	MVOL+1.85	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa > 1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZ-1.5	Conteúdo de cinzas em % da faixa < 1,50 g/cm <sup>3</sup>	MVOL200	Conteúdo de matéria volátil em % da faixa < 200 mesh
CINZ-1.6	Conteúdo de cinzas em % da faixa < 1,60 g/cm <sup>3</sup>	MVOLTOT	Conteúdo de matéria volátil em % reconstituído
CINZ1.6	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,60-1,85 g/cm <sup>3</sup>	MVOLCAB	Conteúdo de matéria volátil em % da amostra cabeça
CINZ1.65	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,50-1,65 g/cm <sup>3</sup>	UM_-1.5	Umidade higroscópica em % da faixa < 1,50 g/cm <sup>3</sup>
CINZ-1.65	Conteúdo de cinzas em % da faixa < 1,65 g/cm <sup>3</sup>	UM_-1.6	Umidade higroscópica em % da faixa < 1,60 g/cm <sup>3</sup>
CINZ1.85	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>	UM_1.6	Umidade higroscópica em % da faixa 1,60-1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZ2.1	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,85-2,10 g/cm <sup>3</sup>	UM_1.65	Umidade higroscópica em % da faixa 1,50-1,65 g/cm <sup>3</sup>
CINZ+2.1	Conteúdo de cinzas em % da faixa > 2,10 g/cm <sup>3</sup>	UM_-1.65	Umidade higroscópica em % da faixa < 1,65 g/cm <sup>3</sup>
C1.5-185	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,50-1,85 g/cm <sup>3</sup>	UM_1.85	Umidade higroscópica em % da faixa 1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZ2.0	Conteúdo de cinzas em % da faixa 1,85-2,00 g/cm <sup>3</sup>	UM_2.1	Umidade higroscópica em % da faixa 1,85-2,10 g/cm <sup>3</sup>
CINZ+2.0	Conteúdo de cinzas em % da faixa > 2,00 g/cm <sup>3</sup>	UM_+2.1	Umidade higroscópica em % da faixa > 2,10 g/cm <sup>3</sup>
CINZ-1.85	Conteúdo de cinzas em % da faixa < 1,85 g/cm <sup>3</sup>	U1.5-1.85	Umidade higroscópica em % da faixa 1,50-1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZ+1.85	Conteúdo de cinzas em % da faixa > 1,85 g/cm <sup>3</sup>	UM_2.0	Umidade higroscópica em % da faixa 1,85-2,00 g/cm <sup>3</sup>
CINZ200	Conteúdo de cinzas em % da faixa < 200 mesh	UM_+2.0	Umidade higroscópica em % da faixa > 2,00 g/cm <sup>3</sup>
CINZTOT	Conteúdo de cinzas em % reconstituído	UM_-1.85	Umidade higroscópica em % da faixa < 1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZCAB	Conteúdo de cinzas em % da amostra cabeça	UM_+1.85	Umidade higroscópica em % da faixa > 1,85 g/cm <sup>3</sup>
CINZCAL	Média ponderada pelo peso do conteúdo de cinzas em %	UM_200	Umidade higroscópica em % da faixa < 200 mesh
S_-1.5	Conteúdo de enxofre em % da faixa < 1,50 g/cm <sup>3</sup>	UM_TOT	Conteúdo de umidade higroscópica em % reconstituído
S_-1.6	Conteúdo de enxofre em % da faixa < 1,60 g/cm <sup>3</sup>	UM_CAB	Conteúdo de umidade higroscópica em % da amostra cabeça
S_1.6	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,60-1,85 g/cm <sup>3</sup>	DENS-1.85	Densidade em g/cm <sup>3</sup> da faixa < 1,85g/cm <sup>3</sup>
S_1.65	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,50-1,65 g/cm <sup>3</sup>	DENSCAB	Densidade em g/cm <sup>3</sup> da amostra cabeça
S_-1.65	Conteúdo de enxofre em % da faixa < 1,65 g/cm <sup>3</sup>	PCAL-1.85	Poder calorífico em cal/g da faixa < 1,85g/cm <sup>3</sup>
S_1.85	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,65-1,85 g/cm <sup>3</sup>	PCALCAB	Poder calorífico em cal/g da amostra cabeça
S_2.1	Conteúdo de enxofre em % da faixa 1,85-2,10 g/cm <sup>3</sup>	ANÁLISE	Campo para informar se os resultados analíticos em base seca foram calculados ou se foram copiados dos certificados
S_+2.1	Conteúdo de enxofre em % da faixa > 2,10 g/cm <sup>3</sup>	OBS	Observação sobre as informações recuperadas na tabela Assay

### 8.3 Espacialização dos Dados

Objetiva-se, neste item, explicar o procedimento adotado para o georreferenciamento e digitalização de cartas e mapas utilizados como base para a modelagem do depósito. O trabalho consistiu em duas etapas: posicionamento espacial e extração de feições por meio de digitalização.

#### 8.3.1 Georreferenciamento e digitalização dos mapas

Os processos de georreferenciamento e digitalização são passíveis de distorções, que necessitam de avaliação e correção, de modo a se evitar comprometimento da qualidade das informações geradas. A maneira usual de se promover uma digitalização confiável dos mapas é a aplicação de modelos matemáticos de georreferenciamento, visto que os mapas, de modo geral, apresentam problemas de estabilidade, ou seja, eles possuem dobras, deslocamentos, além de alguns elementos não identificáveis.

Para georreferenciamento de um mapa utilizam-se, basicamente, funções polinomiais no espaço bidimensional para relacionar coordenadas do mapa às coordenadas planas do sistema de projeção cartográfica (D'ALGE, 1997). Para esses mapas antigos, à exceção do mapa da Área Passo da Conceição, adotou-se como sistema de referência de entrada Córrego Alegre, posteriormente transformado para SIRGAS2000, conforme recomendação da Resolução IBGE nº 01/2015.

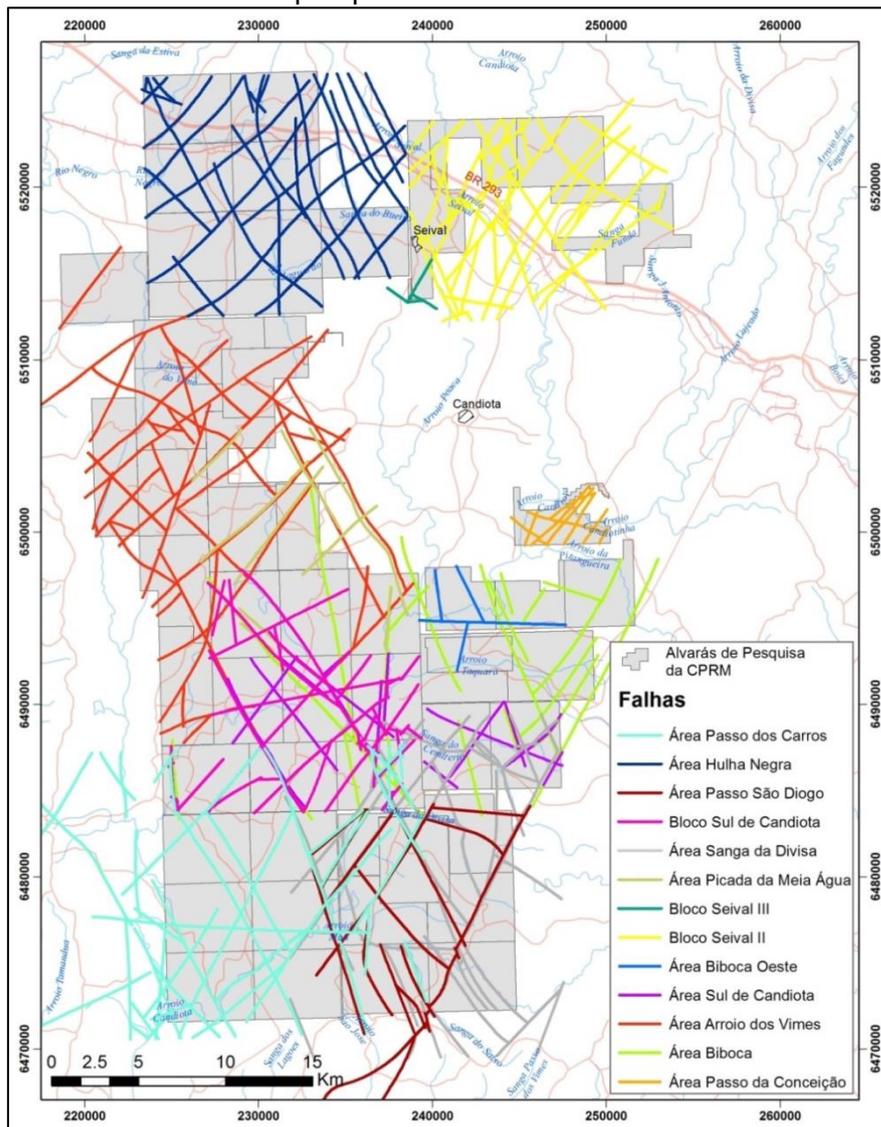
Devido ao cronograma do projeto, optou-se por georreferenciar somente os mapas de contorno estrutural da lapa da camada de carvão Candiota. Esses mapas contêm o delineamento das falhas, a localização dos furos dos alvarás de pesquisa da CPRM e alguns elementos naturais e artificiais. Para resgate do posicionamento espacial desses dados, inseriram-se as coordenadas geodésicas contidas em vértices e arestas dos mapas. Como indicador de qualidade dos posicionamentos dos mapas, durante o georreferenciamento foi inserido o maior número possível de pontos de controle bem distribuídos, para que, no momento de cálculo do Erro Médio Quadrático (EMQ) ou Root Mean Squared (RMS), esse fator fosse minimizado. Após a minimização dos erros, o georreferenciamento dos mapas foi concluído. Posteriormente, procedeu-se à conversão de raster para vetor shapefile dos mapas que continham informações estruturais (Figura 22). Esse processo foi executado de forma manual, já que nem todos os elementos necessitariam ser digitalizados: apenas as feições estruturais.

Foram georreferenciados 13 mapas do contorno estrutural da lapa da camada de carvão Candiota. Destes, 11 estão na escala 1:50.000, com Datum Horizontal Córrego Alegre. Apenas os mapas dos blocos Passo da Conceição e Seival III foram elaborados em escala 1:10.000, sendo o primeiro com Datum Horizontal SAD69:

- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Herval Área Passo dos Carros (CPRM, 1987b)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota (CBS) do Relatório Final de Pesquisa da Área de Hulha Negra (CPRM, 1982a)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Herval Passo São Diogo (CPRM, 1986b)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Sul de Candiota (CPRM, 1983a)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota (CBS) do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Herval Área Sanga da Divisa (CPRM, 1983b)

- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Sul de Candiota Área Picada da Meia Água (CPRM, 1986a)
- Mapa Geológico e Estrutural do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Seival III (CPRM, 1988)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Seival II (CPRM, 1983c)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Sul de Candiota Área Biboca Oeste (CPRM, 1983d)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota (CBS+CBI) do Relatório Final de Pesquisa da Área Sul de Candiota (CPRM, 1982b)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa da Área Sul de Candiota Arroio dos Vimes (CPRM, 1987a)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Sul de Candiota Área Biboca (CPRM, 1984c)
- Mapa de Contorno Estrutural da Lapa da Camada Candiota do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Sul de Candiota Área Passo da Conceição (CPRM, 1983e)

**Figura 22** – Estruturas digitalizadas a partir dos mapas de contorno estrutural dos relatórios finais de pesquisa.



### 8.3.2 Topografia

A topografia utilizada no presente trabalho foi criada a partir de um modelo digital de terreno (MDT) disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>). Assim, foi realizado o download do arquivo em formato '\*.TIF', com base na articulação e Sistema Geodésico de Referência (SGB) WGS84.

Os dados disponibilizados pelo INPE são produto do Projeto Topodata, que oferece o MDT e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) na rede mundial de computadores. A resolução espacial dos dados SRTM é de cerca de três arcos de segundo, ou aproximadamente 90 m, no sistema de Coordenadas Lat/Long e Datum WGS84. Com base nesses dados, o Projeto Topodata realizou em todo o território brasileiro um procedimento computacional de reamostragem do tamanho da célula para aproximadamente um arco de segundo ou 30 m. Os processos foram desenvolvidos de modo a que as especificações originais dos dados SRTM não fossem modificadas.

Para inserção no software de modelagem 3D, os dados matriciais do MDT foram convertidos em uma representação vetorial, tendo como base uma superfície contendo isolinhas de 10 em 10 m. Essa conversão foi realizada no pacote Arctoolbox do ArcGIS 10.1. É importante ressaltar que o intervalo utilizado para as curvas de nível não é para uma definição cartográfica. Inclusive, porque o grau de detalhe da imagem não nos permite inserir intervalos com essa equidistância mínima.

### 8.3.3 Ajuste de coordenadas dos furos de sondagem

As coordenadas originais dos furos de sondagem estavam no sistema de coordenadas UTM Datum Córrego Alegre. Com o intuito de padronizar com o datum oficial utilizado no Brasil atualmente, projetaram-se as coordenadas dos furos para o Datum SIRGAS 2000.

De posse dos mapas de localização dos furos de sondagem georreferenciados, foi possível validar as suas coordenadas. Os furos que apresentaram um deslocamento muito grande com relação à sua localização no mapa georreferenciado tiveram as suas coordenadas ajustadas de acordo com a posição indicada nos mapas (isso só ocorreu com o furo SC-089-RS).

Após a validação das coordenadas X e Y dos furos, realizou-se a validação de suas cotas. Para tal, compararam-se as bocas dos furos com a topografia gerada para o modelo. Perceberam-se algumas pequenas diferenças entre as coordenadas Z das bocas dos furos e a topografia. Portanto, foi necessário projetar a cota da boca dos furos na topografia que seria utilizada na modelagem (Tabela 9).

**Tabela 9** – Coordenadas originais (CoordX, CoordY e Cota) e validadas (XCOLLAR, YCOLLAR e ZCOLLAR) dos furos utilizados no modelo de Candiota

BHID	CoordX	CoordY	Cota	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
BC-001-RS	246259	6500216,63	218,17	246201,09	6500216,10	192,29
BC-002-RS	246107	6501019	199,15	246049,09	6501018,47	170,00
BC-003-RS	246359	6500031	215,27	246301,08	6500030,47	190,09
BC-004-RS	247327	6500268	225,11	247269,08	6500267,46	200,00
BC-005-RS	247227	6499240	202,08	247169,08	6499239,46	170,00
BC-006-RS	246832	6500253	224,93	246774,08	6500252,46	200,00
BC-007-RS	245556	6499819	201,7	245498,08	6499818,47	175,30
BC-008-RS	248555	6499638	235,76	248497,08	6499637,45	210,00

BC-009-RS	244865	6500866	196,28	244807,09	6500865,48	179,02
BC-010-RS	244878	6499926	208,25	244820,09	6499925,48	185,92
BC-011-RS	244956	6499465	198,84	244898,08	6499464,48	158,11
BC-012-RS	245860	6499783	201,03	245802,08	6499782,47	175,45
BC-013-RS	245876	6499281	200,58	245818,08	6499280,47	176,59
BC-014-RS	246371	6499714	208,63	246313,08	6499713,47	185,13
BC-015-RS	246340	6499211	198,12	246282,08	6499210,47	171,28
BC-016-RS	246872	6499728	211,44	246814,08	6499727,46	185,11
BC-017-RS	247349	6499744	214,98	247291,08	6499743,46	191,23
BC-018-RS	248971	6499582	228,52	248913,08	6499581,45	202,24
BC-019-RS	247839	6499829	214,42	247781,08	6499828,45	192,29
BC-021-RS	248466	6499408	224,76	248408,08	6499407,45	196,12
BC-023-RS	249683	6499359	225,75	249625,08	6499358,44	196,44
BC-025-RS	244859	6500522	209,34	244801,09	6500521,48	188,35
BC-026-RS	245877	6500220	204,95	245819,09	6500219,47	180,00
BC-027-RS	245316	6500802	194,72	245258,09	6500801,47	170,00
CD-001-RS	226914,73	6520265,81	195,41	226856,89	6520265,41	194,59
CD-002-RS	225018	6515343	166,34	224960,15	6515342,62	170,00
CD-003-RS	233128,43	6516524,13	187,18	233070,57	6516523,68	183,06
CD-004-RS	241950,34	6515873,82	250,3	241897,64	6515840,24	254,26
CD-005-RS	233627,48	6495426,48	153,02	233569,56	6495426,06	161,36
CD-006-RS	226092,09	6487577,3	115,1	226034,16	6487576,96	120,00
CD-007-RS	231664,59	6486317,59	177,57	231606,65	6486317,20	168,60
CD-008-RS	6492144	245950	130,94	245892,06	6492143,48	135,82
CD-009-RS	6486467	242794	132,8	242736,05	6486466,52	134,80
HN-002-RS	234730	6519000	196,46	234672,15	6518999,53	189,20
HN-003-RS	229070	6519050	219,89	229012,15	6519049,58	210,00
HN-004-RS	235350	6515330	192,79	235292,14	6515329,54	188,23
HN-005-RS	227950	6513300	219,4	227892,14	6513299,60	201,34
HN-006-RS	232770	6513300	181,78	232712,13	6513299,56	178,16
HN-007-RS	228050	6516900	215,13	227992,15	6516899,59	215,79
HN-008-RS	224320	6516800	208,62	224262,15	6516799,63	195,65
HN-009-RS	224400	6513000	181,26	224342,14	6512999,63	175,12
HN-010-RS	232020	6520770	237,32	231962,16	6520769,55	230,00
HN-011-RS	224000	6519000	201,81	223942,16	6518999,63	202,82
HN-012-RS	225000	6521000	176,53	224942,16	6520999,61	180,00
HN-013-RS	228999	6522004	215,96	228941,16	6522003,58	218,81
HN-014-RS	231733,45	6518659,04	190,32	231675,60	6518658,60	188,10
HN-015-RS	234000	6521000	190,9	233942,15	6520999,54	191,79
HN-016-RS	238002,98	6521982,61	240,08	237950,31	6521949,04	240,08
HN-018-RS	238000	6519000	226,48	237947,33	6518966,44	226,48
HN-019-RS	237810,77	6515587,36	204,41	237758,09	6515553,82	204,41
HN-020-RS	235316,71	6517020,69	171,39	235258,85	6517020,22	169,66
HN-021-RS	232450	6514650	159,19	232392,14	6514649,56	160,00
HN-022-RS	230017,18	6517057,14	204,99	229959,33	6517056,72	209,70

HN-023-RS	230000	6515000	170,3	229942,14	6514999,58	173,14
HN-024-RS	230000	6513000	192,34	229942,14	6512999,58	191,18
HN-025-RS	228004	6514965	211,91	227946,14	6514964,60	217,30
HN-026-RS	226109,18	6517068,14	217	226051,33	6517067,75	215,21
HN-027-RS	225695,96	6515007,87	175,69	225638,11	6515007,49	181,52
HN-028-RS	226000	6513000	191,13	225942,14	6512999,62	193,70
HN-029-RS	226000	6524000	212,48	225942,17	6523999,60	228,28
HN-030-RS	229019,59	6523690,91	205,83	228961,76	6523690,49	213,86
HN-031-RS	232000	6524000	215,81	231942,17	6523999,55	220,00
HN-032-RS	234000	6524000	243,68	233942,16	6523999,53	243,68
HN-033-RS	238000	6525000	295,87	237947,34	6524966,42	295,87
HN-034-RS	223963,76	6523402,63	196,4	223905,93	6523402,25	200,00
HN-035-RS	227509,74	6524704,62	231,3	227451,91	6524704,21	231,63
HN-036-RS	231057,39	6524736,29	240,52	230999,56	6524735,85	242,29
HN-039-RS	233011	6525473	284,71	232953,17	6525472,54	283,46
HN-040-RS	226000	6523000	194,37	225942,17	6522999,60	200,50
HN-041-RS	227954,8	6522402,47	203,12	227896,96	6522402,06	193,78
HN-042-RS	230000,01	6522999,97	192,36	229942,17	6522999,54	200,00
HN-043-RS	233047,89	6522073,13	222,79	232990,05	6522072,67	222,55
HN-044-RS	230004,36	6520993,41	217,09	229946,52	6520992,98	217,92
HN-045-RS	239161,35	6520911,04	233,81	239108,68	6520877,46	238,60
HN-046-RS	226016,11	6519018,11	197,12	225958,27	6519017,72	198,63
HN-047-RS	232961,63	6517985,29	191,74	232903,78	6517984,84	195,32
HN-049-RS	225000	6522999,98	192,24	224942,17	6522999,59	192,92
HN-050-RS	227882,4	6524784,54	258,13	227824,57	6524784,12	220,00
HN-052-RS	230999,97	6524000,07	222,07	230942,14	6523999,63	225,53
HN-053-RS	232999,15	6523998,66	243,09	232941,31	6523998,20	244,78
HN-054-RS	231000,08	6522999,96	213,54	230942,24	6522999,52	215,61
HN-055-RS	232000,14	6523000,07	218,08	231942,30	6522999,62	216,19
HN-056-RS	233021,84	6523157,65	239,56	232964,00	6523157,19	240,67
HN-062-RS	237999,95	6524000	282,08	237947,29	6523966,42	282,08
HN-063-RS	233952,62	6523220,57	222,62	233894,78	6523220,10	233,87
HN-066-RS	237999,86	6522999,87	253,39	237947,20	6522966,30	253,39
HN-070-RS	237999,98	6521000,03	215,55	237947,31	6520966,46	215,55
HN-071-RS	237999,92	6520000,17	212,35	237947,25	6519966,61	212,35
HN-077-RS	237999,4	6522500,71	246,35	237946,74	6522467,14	246,35
HN-084-RS	233507,25	6524499,84	256,52	233449,42	6524499,38	273,04
HN-085-RS	233507,25	6524996,12	253,24	233449,42	6524995,66	263,84
HN-091-RS	237978,47	6521499,33	215,99	237925,80	6521465,76	215,99
HN-104-RS	237996,13	6520505,79	213,75	237943,46	6520472,23	213,75
HN-110-RS	237999,48	6523499,62	283,97	237946,82	6523466,04	283,97
HN-120-RS	233506,98	6523503,36	249,14	233449,14	6523502,90	243,70
HN-121-RS	234055,35	6523503,36	232,43	233997,51	6523502,89	232,43
HN-123-RS	233507,25	6524009,18	244,79	233449,41	6524008,72	245,69
HN-124-RS	233108,77	6524642,57	253,61	233050,94	6524642,11	255,87

HN-125-RS	233735,4	6524529,24	247,44	233677,57	6524528,77	272,25
HN-126-RS	232491	6525174	272,31	232433,17	6525173,54	272,56
HN-127-RS	233241	6525122	270,32	233183,17	6525121,54	276,29
HN-128-RS	232527,16	6525661,61	255,4	232469,33	6525661,15	247,30
HN-129-RS	233553,02	6525551,3	241,56	233495,19	6525550,83	233,74
HN-134-RS	236461	6519866,69	182,32	236403,15	6519866,21	182,32
HN-135-RS	237370	6519700	200,08	237312,15	6519699,51	200,08
HN-136-RS	237002,59	6519008,28	211,5	236944,74	6519007,80	201,39
HN-138-RS	231300	6519245	197,95	231242,15	6519244,56	170,00
HN-139-RS	236100	6519530	173,94	236042,15	6519529,52	173,94
HN-147-RS	233998,55	6522001,23	223,22	233940,71	6522000,77	220,21
HN-148-RS	232999,82	6521001,23	222,73	232941,98	6521000,78	213,50
HN-149-RS	232005,44	6522001,23	223,19	231947,60	6522000,78	231,06
HN-150-RS	233000	6519000	215,37	232942,15	6518999,55	210,02
HN-151-RS	234000	6519000	215,15	233942,15	6518999,54	218,24
HN-154-RS	234006	6516000	169,63	233948,14	6515999,55	166,66
HN-157-RS	234093	6518001	199,09	234035,15	6518000,54	202,51
HN-159-RS	233000	6517000	210	232942,14	6516999,55	207,91
HN-160-RS	236290	6517004	179,05	236232,14	6517003,52	181,62
HN-162-RS	236003,25	6516003,25	190,48	235945,39	6516002,78	185,47
HV-021-RS	235978,36	6481998,96	119,1	235920,41	6481998,54	113,82
HV-022-RS	239999,23	6481996,87	157,21	239941,27	6481996,42	142,06
HV-023-RS	244056,8	6482006,06	126,73	243998,84	6482005,58	130,76
HV-024-RS	235978,36	6480002,84	121,21	235920,40	6480002,43	110,00
HV-025-RS	241998,65	6479996,74	166,57	241940,69	6479996,28	148,41
HV-026-RS	236022,22	6477010,49	135,45	235964,25	6477010,08	110,00
HV-027-RS	241008,31	6476999,06	149,52	240950,34	6476998,61	148,23
HV-028-RS	237991,68	6477005,42	147,63	237933,71	6477005,00	138,76
HV-029-RS	236014,69	6473987,25	157,12	235956,72	6473986,85	140,66
HV-030-RS	239998,27	6473997,66	153,01	239940,29	6473997,22	143,71
HV-031-RS	238014,03	6471987,9	174,87	237956,05	6471987,48	169,09
HV-032-RS	236016,27	6469990,14	150,61	235958,28	6469989,74	150,61
HV-033-RS	6484000,74	241994,72	137,43	241936,77	6484000,27	138,32
HV-034-RS	6484000,36	240000,12	157,01	239942,17	6483999,91	150,00
HV-042-RS	229000,04	6479749,86	170,97	228942,09	6479749,51	169,66
HV-045-RS	225097,01	6471405,39	93,53	225039,04	6471405,08	100,00
HV-047-RS	238096,18	6470250,27	146,14	238038,19	6470249,86	146,14
HV-050-RS	238989,76	6478997,51	155,57	238931,80	6478997,07	160,00
HV-051-RS	238002,09	6473997,38	123,02	237944,11	6473996,96	125,79
HV-052-RS	235999,01	6471901,28	168,83	235941,03	6471900,88	159,74
HV-054-RS	226000,34	6482001,61	156,65	225942,40	6482001,28	140,00
HV-055-RS	231998,17	6482001,87	154,65	231940,22	6482001,49	138,94
HV-056-RS	226000,62	6477998,67	107,26	225942,67	6477998,34	120,00
HV-057-RS	232000,61	6477999,89	118,32	231942,65	6477999,51	116,76
HV-058-RS	225470,23	6474450,7	80,1	225412,27	6474450,38	100,00

HV-059-RS	229967,25	6473999,91	120,43	229909,28	6473999,56	127,95
HV-060-RS	231998,8	6472001,41	113,84	231940,82	6472001,04	114,51
SC-001-RS	228000	6484000	159,88	227942,06	6483999,65	160,00
SC-002-RS	236001,43	6484019	107,02	235943,48	6484018,58	118,72
SC-003-RS	236000	6487869,26	114,82	235942,06	6487868,83	119,92
SC-004-RS	6488000	240000	123,18	239942,06	6487999,54	126,11
SC-005-RS	228003,28	6492002,37	149,98	227945,36	6492002,01	149,09
SC-006-RS	236001,36	6492001,49	135,55	235943,43	6492001,06	140,29
SC-007-RS	6492210,68	239991,36	121,35	239933,43	6492210,21	120,00
SC-008-RS	6492000	248000	152,44	247942,06	6491999,47	150,00
SC-009-RS	227582,01	6496123,27	124,95	227524,10	6496122,90	130,00
SC-010-RS	236000	6496000	149,42	235942,08	6495999,56	156,87
SC-011-RS	244218,34	6495888,28	152,69	244160,42	6495887,77	136,83
SC-012-RS	248000	6496000	155,37	247942,07	6495999,46	156,57
SC-013-RS	231999,67	6483999,75	159,3	231941,73	6483999,36	151,84
SC-014-RS	225000	6485000	117,54	224942,07	6484999,67	123,13
SC-015-RS	6486005	238103	110,37	238045,06	6486004,56	115,78
SC-016-RS	6487809,36	245972,69	176,46	245914,74	6487808,85	163,38
SC-017-RS	231995	6490001	166,67	231937,07	6490000,60	168,03
SC-018-RS	6491000,04	243000	156,22	242942,06	6490999,55	152,28
SC-019-RS	238000	6494000	117,53	237942,08	6493999,55	120,00
SC-020-RS	232066,79	6496095,77	176,57	232008,88	6496095,36	176,80
SC-021-RS	249999,94	6497999,98	185,99	249942,02	6497999,42	183,11
SC-022-RS	232999,65	6498999,78	174,64	232941,75	6498999,36	169,90
SC-023-RS	241155,43	6496118,78	170,96	241097,51	6496118,30	161,57
SC-024-RS	244090,91	6495084,05	164,81	244032,98	6495083,54	145,47
SC-025-RS	245959,62	6496206,27	181,22	245901,69	6496205,75	155,75
SC-026-RS	248000,93	6498006,06	185,44	247943,01	6498005,52	180,00
SC-027-RS	250505,3	6497006,18	184,21	250447,37	6497005,62	181,83
SC-028-RS	250006,21	6496007,77	195,77	249948,28	6496007,21	187,63
SC-029-RS	230153,02	6493962,6	149,24	230095,10	6493962,21	150,71
SC-030-RS	234038,3	6494095,94	157,43	233980,38	6494095,52	159,46
SC-031-RS	228053,49	6490024,95	201,52	227995,57	6490024,59	143,36
SC-032-RS	229990,61	6488031,2	160,78	229932,68	6488030,82	152,41
SC-033-RS	6489627	237784	113,46	237726,07	6489626,56	120,00
SC-034-RS	6486137,07	245875,85	174,7	245817,90	6486136,56	163,17
SC-035-RS	244916,71	6495150,47	171,5	244858,78	6495149,96	145,91
SC-036-RS	247077,34	6497096,09	169,2	247019,42	6497095,56	142,52
SC-037-RS	248965,73	6497993,04	205,87	248907,81	6497992,49	185,38
SC-038-RS	249126,21	6497036,59	219,81	249068,28	6497036,04	190,00
SC-039-RS	250816,68	6495134,02	183,44	250758,75	6495133,46	197,46
SC-040-RS	249025	6495115	186,4	248967,07	6495114,45	160,65
SC-041-RS	241969,04	6496231,35	150,01	241911,12	6496230,86	147,01
SC-042-RS	243066,04	6496141,38	132,93	243008,12	6496140,88	130,00
SC-043-RS	240110,94	6496061,26	129,57	240053,02	6496060,79	124,77

SC-044-RS	239997,09	6497010,08	124,38	239939,17	6497009,61	127,08
SC-045-RS	241141,07	6497008,51	157,58	241083,15	6497008,03	155,58
SC-046-RS	241938,37	6494946,4	131,97	241880,45	6494945,91	129,40
SC-047-RS	239994,83	6494958,64	123,53	239936,91	6494958,17	126,21
SC-048-RS	246855,21	6495139,41	184,07	246797,28	6495138,88	160,00
SC-049-RS	241001,12	6494433,8	132,94	240943,19	6494433,32	123,20
SC-050-RS	242991,9	6494468,88	139,98	242933,97	6494468,38	137,81
SC-051-RS	245170,47	6496110,87	193,32	245112,55	6496110,35	163,43
SC-052-RS	245870	6495015	208,87	245812,07	6495014,48	177,30
SC-053-RS	250999,98	6498001,61	207,64	250942,05	6498001,04	185,73
SC-054-RS	248136	6497034	196,79	248078,07	6497033,46	174,14
SC-055-RS	249832	6494966	194,63	249774,07	6494965,45	171,08
SC-056-RS	248065	6495147	203,35	248007,07	6495146,46	189,47
SC-057-RS	246954	6496019	179,69	246896,07	6496018,47	156,44
SC-058-RS	239417,18	6494582,84	171,69	239359,26	6494582,37	138,32
SC-059-RS	6487180,74	246932,49	172,28	246874,54	6487180,22	179,90
SC-060-RS	6486944	246057	185,83	245999,05	6486943,49	175,65
SC-061-RS	6488051,17	247080,66	189,83	247022,71	6488050,65	190,00
SC-062-RS	6487738	244843	187,2	244785,05	6487737,50	185,66
SC-063-RS	6488150,06	244136,02	188,97	244078,07	6488149,57	177,68
SC-064-RS	6488896,7	245180,87	178,91	245122,93	6488896,20	186,33
SC-066-RS	6485996,8	240001,37	168,95	239943,42	6485996,34	160,00
SC-067-RS	6488608	246397	178,67	246339,05	6488607,49	176,72
SC-068-RS	6489005,34	247009,55	176,37	246951,60	6489004,82	178,10
SC-070-RS	6491066	248933	178,08	248875,06	6491065,46	175,40
SC-071-RS	244827,58	6493536,5	128,48	244769,65	6493535,99	159,34
SC-072-RS	6490797,78	245114,34	129,83	245056,40	6490797,27	140,10
SC-073-RS	233983,54	6484986,41	152,22	233925,60	6484986,01	150,00
SC-074-RS	229644,76	6496274,57	131,45	229586,85	6496274,18	130,00
SC-075-RS	227994,94	6487002,58	165,4	227937,01	6487002,22	160,00
SC-076-RS	233907,92	6490065,74	149,67	233849,99	6490065,33	152,53
SC-077-RS	230001,83	6490001,33	170,35	229943,90	6490000,95	163,38
SC-079-RS	230002,93	6491997,5	157,42	229945,01	6491997,12	155,59
SC-080-RS	232049,11	6502151,79	159,59	231991,21	6502151,37	166,57
SC-081-RS	232048,11	6500079,12	157,56	231990,21	6500078,71	159,61
SC-082-RS	234041,54	6498015,88	162,87	233983,63	6498015,45	159,71
SC-083-RS	242518,91	6496511,2	143,87	242460,99	6496510,71	134,28
SC-085-RS	244677,77	6496563,13	188,34	244619,85	6496562,62	164,08
SC-086-RS	240994,18	6495216,63	134,27	240936,26	6495216,15	124,72
SC-087-RS	243030	6495274	134,27	242972,08	6495273,50	130,00
SC-088-RS	247941,35	6494100,55	203,4	247883,42	6494100,01	176,88
SC-089-RS	242008,06	6495084,09	151,86	241963,36	6493006,62	146,89
SC-090-RS	6491054	247991	175,53	247933,06	6491053,47	170,00
SC-100-RS	225348,62	6510092,76	199,77	225290,75	6510092,39	190,67
SC-101-RS	228965,03	6510127,88	209,83	228907,16	6510127,48	210,43

SC-102-RS	231847,36	6510031,24	136,56	231789,49	6510030,81	150,00
SC-103-RS	228004,98	6507995,57	201,32	227947,10	6507995,18	205,29
SC-104-RS	223941,54	6507245,72	163,91	223883,67	6507245,36	165,69
SC-105-RS	229983,53	6505996,25	183,11	229925,65	6505995,85	171,12
SC-106-RS	223983,87	6503908,7	143,38	223925,99	6503908,35	158,60
SC-107-RS	228102,82	6504071,73	187,86	228044,93	6504071,34	181,89
SC-108-RS	225504,31	6502002,83	185,88	225446,42	6502002,47	192,44
SC-109-RS	229000	6501000	140,11	228942,10	6500999,61	143,63
SC-110-RS	225498	6499242,8	201,8	225440,10	6499242,44	192,67
SC-111-RS	228973,92	6498992,31	152,52	228916,02	6498991,93	158,37
SC-112-RS	225001,25	6494749,9	169,86	224943,34	6494749,56	170,00
SC-113-RS	225362,93	6489628,34	131,15	225305,01	6489628,00	120,00
SC-114-RS	222012,17	6502007,37	155,51	221954,28	6502007,04	154,95
SC-115-RS	223004,48	6504997,28	136,17	222946,60	6504996,94	148,86
SC-116-RS	225003,22	6504998,27	176,66	224945,34	6504997,91	180,27
SC-117-RS	223006,18	6503000,71	170,72	222948,30	6503000,37	170,00
SC-118-RS	224003,35	6502003,54	165,8	223945,46	6502003,19	174,19
SC-119-RS	223000,95	6501000,95	157,39	222943,06	6501000,61	169,54
SC-120-RS	222003	6500003	184,52	221945,11	6500002,67	147,61
SC-123-RS	221000	6502997,34	156,44	220942,12	6502997,02	149,52
SC-124-RS	221000	6501000	133,57	220942,11	6500999,68	140,00
SC-125-RS	223498,2	6499001,21	191,21	223440,31	6499000,87	190,00
SC-126-RS	224997,51	6496501,2	179,6	224939,61	6496500,85	174,13
SC-127-RS	225904,72	6492930,02	117,7	225846,81	6492929,67	126,53
SC-128-RS	225158,81	6491074,96	116,86	225100,89	6491074,62	120,00
SC-129-RS	226750,17	6488999,33	127,6	226692,24	6488998,98	120,00
SV-001-RS	249200	6517880	272,68	249147,28	6517846,36	272,68
SV-002-RS	246000	6521000	268,98	245947,31	6520966,36	268,04
SV-003-RS	248000	6521000	242,26	247947,30	6520966,35	246,51
SV-004-RS	250000	6520000	287,9	249947,29	6519966,35	288,02
SV-005-RS	244150	6518650	229,95	244097,31	6518616,39	229,95
SV-006-RS	246000	6519000	241,18	245947,30	6518966,37	241,18
SV-007-RS	248400	6518800	264,35	248347,29	6518766,36	290,00
SV-008-RS	246000	6517000	242,07	245947,30	6516966,38	242,07
SV-009-RS	248000	6517000	239,12	247947,29	6516966,37	240,00
SV-012-RS	240370	6517480	247,13	240317,31	6517446,43	244,45
SV-013-RS	241870	6518250	251,4	241817,31	6518216,41	248,94
SV-014-RS	241800	6516030	258,5	241747,31	6515996,43	256,08
SV-018-RS	248700	6515230	267	248647,28	6515196,38	267,00
SV-019-RS	248350	6518200	270,5	248297,29	6518166,36	270,50
SV-020-RS	246750	6515860	249,18	246697,29	6515826,38	240,97
SV-021-RS	241022	6513006	223,33	240969,30	6512972,45	223,33
SV-024-RS	239990	6514000	223,99	239937,30	6513966,45	221,77
SV-027-RS	240990	6515000	236,77	240937,30	6514966,44	236,77
SV-030-RS	247000	6515000	244,16	246947,29	6514966,39	244,16

SV-034-RS	241999	6517000	242,04	241946,31	6516966,42	241,21
SV-037-RS	245997,48	6515899,34	222,04	245944,77	6515865,73	222,04
SV-041-RS	241000	6515998,74	214,94	240947,31	6515965,17	223,50
SV-045-RS	240000,08	6515998,74	202	239947,39	6515965,18	204,93
SV-049-RS	241000	6514000	228,81	240947,30	6513966,44	228,81
SV-052-RS	240098,08	6513010,38	235,38	240045,38	6512976,83	235,38
SV-062-RS	241982	6517577	243,21	241929,31	6517543,42	241,57
SV-111-RS	242289	6516853	235,64	242236,31	6516819,42	243,35
SV-300-RS	238970,54	6515010,26	196,69	238917,85	6514976,71	192,76
SV-301-RS	238819,34	6515989,96	202,34	238766,65	6515956,41	191,40
SV-302-RS	239494,89	6517296,93	209,39	239442,21	6517263,37	216,30
SV-303-RS	241055,54	6517052,16	245,27	241002,85	6517018,59	243,57
SV-304-RS	238998,57	6517997,23	180,11	238945,89	6517963,67	180,00
SV-305-RS	238997,43	6518998,52	194,04	238944,75	6518964,96	192,46
SV-306-RS	239950,74	6519222,66	195,5	239898,06	6519189,09	220,25
SV-307-RS	241036,02	6519128,06	194,69	240983,34	6519094,48	226,10
SV-308-RS	239015,96	6520153,16	214,15	238963,29	6520119,59	221,57
SV-309-RS	239916,05	6520058,47	215,81	239863,37	6520024,89	226,05
SV-310-RS	239610,62	6521521,08	230,65	239557,95	6521487,50	231,06
SV-311-RS	239499,88	6522499,68	221,97	239447,21	6522466,09	230,00
SV-312-RS	239499,86	6523498,75	234,2	239447,20	6523465,16	255,31
SV-313-RS	239004,99	6513993,95	210,23	238952,30	6513960,41	204,87
SV-314-RS	239996,56	6517997,23	233,89	239943,88	6517963,66	230,17
SV-315-RS	240995,71	6518011,7	248,75	240943,02	6517978,12	250,00
SV-316-RS	243997,72	6522002,79	247,1	243945,04	6521969,17	252,85
SV-317-RS	246012,4	6522994,31	266,61	245959,72	6522960,66	274,63
SV-318-RS	248499,13	6519997,81	267,82	248446,42	6519964,16	267,94
SV-319-RS	247000,57	6519500,3	262,44	246947,87	6519466,66	259,83
SV-320-RS	247989,82	6523010,37	289,39	247937,13	6522976,71	299,48
SV-321-RS	251271,31	6522141,09	347,62	251218,60	6522107,42	347,62
SV-322-RS	240496,49	6523498,75	257,05	240443,82	6523465,15	252,91
SV-323-RS	243997,22	6523001,48	252,35	243944,54	6522967,85	264,96
SV-324-RS	243997,22	6521003,07	252,92	243944,54	6520969,45	247,44
SV-325-RS	244997,04	6523001,48	239,55	244944,36	6522967,84	240,07
SV-326-RS	244986,78	6522002,79	233,73	244934,10	6521969,16	240,00
SV-327-RS	244996,56	6521003,07	229,3	244943,87	6520969,44	230,00
SV-328-RS	245985,79	6522002,79	270,59	245933,10	6521969,15	280,20
SV-329-RS	241495,89	6523498,75	255,43	241443,22	6523465,14	260,00
SV-330-RS	242405,29	6523498,75	271,92	242352,62	6523465,13	269,63
SV-331-RS	243494,33	6523498,75	300,39	243441,65	6523465,12	308,49
SV-332-RS	238730	6513650	229,26	238677,31	6513616,46	222,22
SV-333-RS	238730	6514350	221,64	238677,31	6514316,46	207,42
TR-001-RS	221227,11	6515031,82	183,9	221169,26	6515031,48	209,60
TR-002-RS	223020,77	6512825,31	182,23	222962,91	6512824,95	182,56
TR-003-RS	219689,27	6513032,31	184,2	219631,42	6513031,98	202,38

## 9 MODELAGEM GEOLÓGICA

De posse dos dados resgatados e validados, procedeu-se à reinterpretação e reavaliação do modelo geológico do depósito de carvão de Candiota. Para a modelagem, foram utilizados 323 furos (40.034,63 m). O software empregado na modelagem foi o Strata 3D (versão 2.1.75.0 (64-bit) EN), o qual permitiu a correlação das camadas de carvão e a geração de sólidos das principais camadas.

### 9.1 Metodologia

#### 9.1.1 Arquivos de entrada

Previamente à modelagem, procedeu-se à validação do banco de dados, que contemplou a verificação de informações ausentes, intervalos com erros de digitação, intervalos duplicados, a consistência da profundidade final do furo e dos intervalos “De” (FROM) e “Até” (TO), com eliminação de gaps e overlaps. A inserção desses dados validados no software Strata 3D deu-se a partir de tabelas no formato csv, organizadas da seguinte forma para cada um dos depósitos:

- *Tabela Collar*: coordenadas da boca do furo e a profundidade final.
- *Tabela Survey*: não foi utilizada para compor o furo, já que todos os furos de sondagem são verticais e não foi realizada perfilagem para verificação do desvio do furo durante a perfuração.
- *Tabela das Camadas de Carvão*: intervalos das camadas de carvão com informações de Camada Total (CT), Carvão na Camada (CC), Recuperação, nome da camada original (A, B, C...) e nome da camada interpretada (CBS, CBI, CI2, CS1...).
- *Tabela Assay*: dados analíticos provenientes das análises químicas dos intervalos amostrados de cada furo.

No software Strata 3D as tabelas foram mescladas e convertidas em um único arquivo de furos.

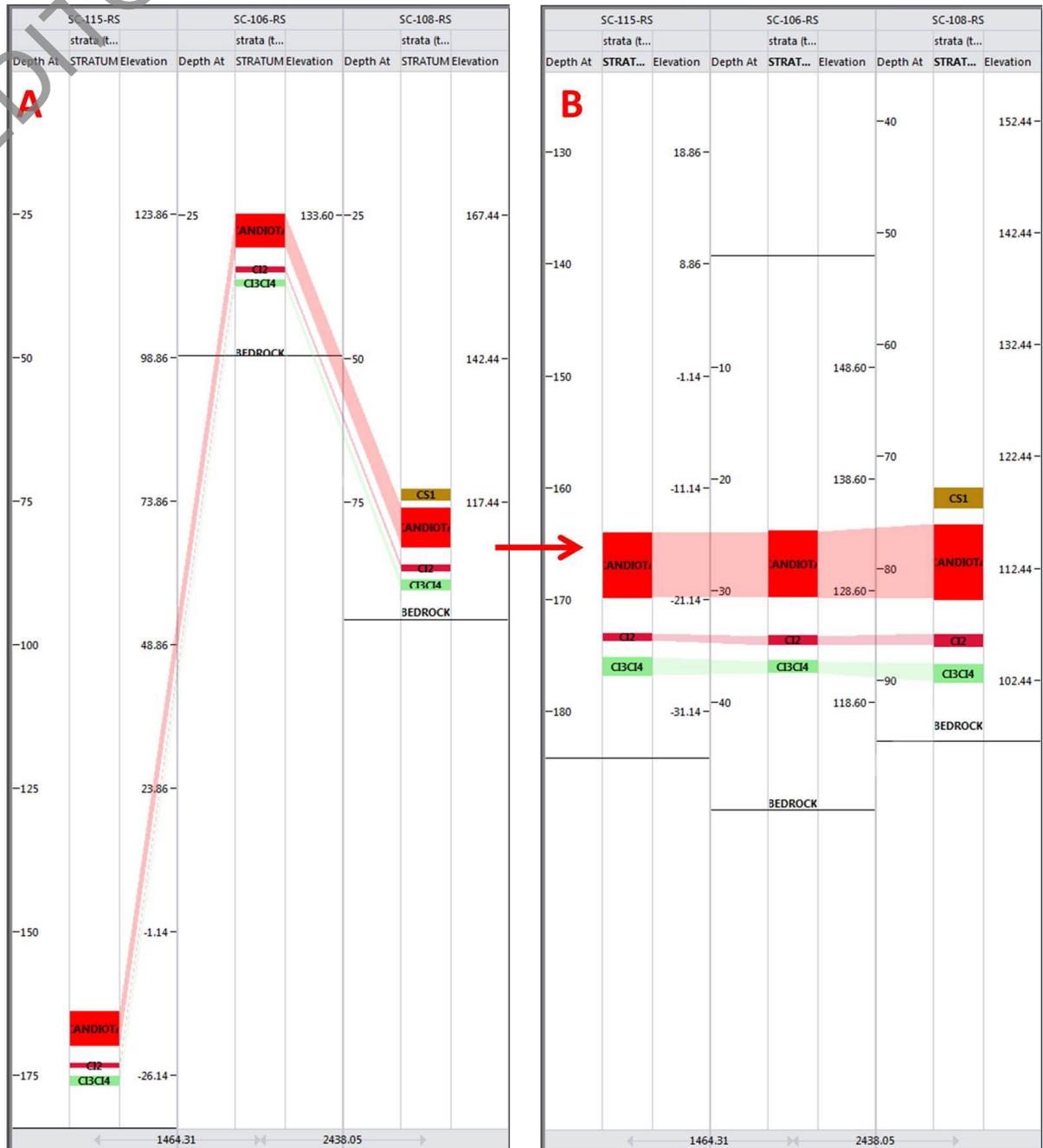
#### 9.1.2 Correlações

Ao montar os furos, o software de modelagem cria uma tabela denominada Strata, que armazena os intervalos que serão modelados. Essa tabela é criada a partir de uma coluna à sua escolha ou de um arquivo de tabela externo. No presente estudo, utilizou-se a coluna “CARV\_TAB” da tabela Camadas de Carvão como base para a criação da tabela Strata.

Nessa nova tabela, a coluna “STRATUM” corresponde à coluna “CARV\_TAB”. Porém, algumas camadas de carvão estavam com esse campo em branco ou seus valores não coincidiam com a coluna “CARVAO”. Assim, para completar as informações faltantes e a dupla interpretação das camadas, utilizaram-se as seções dos furos gerados no Strata 3D (Figura 23).

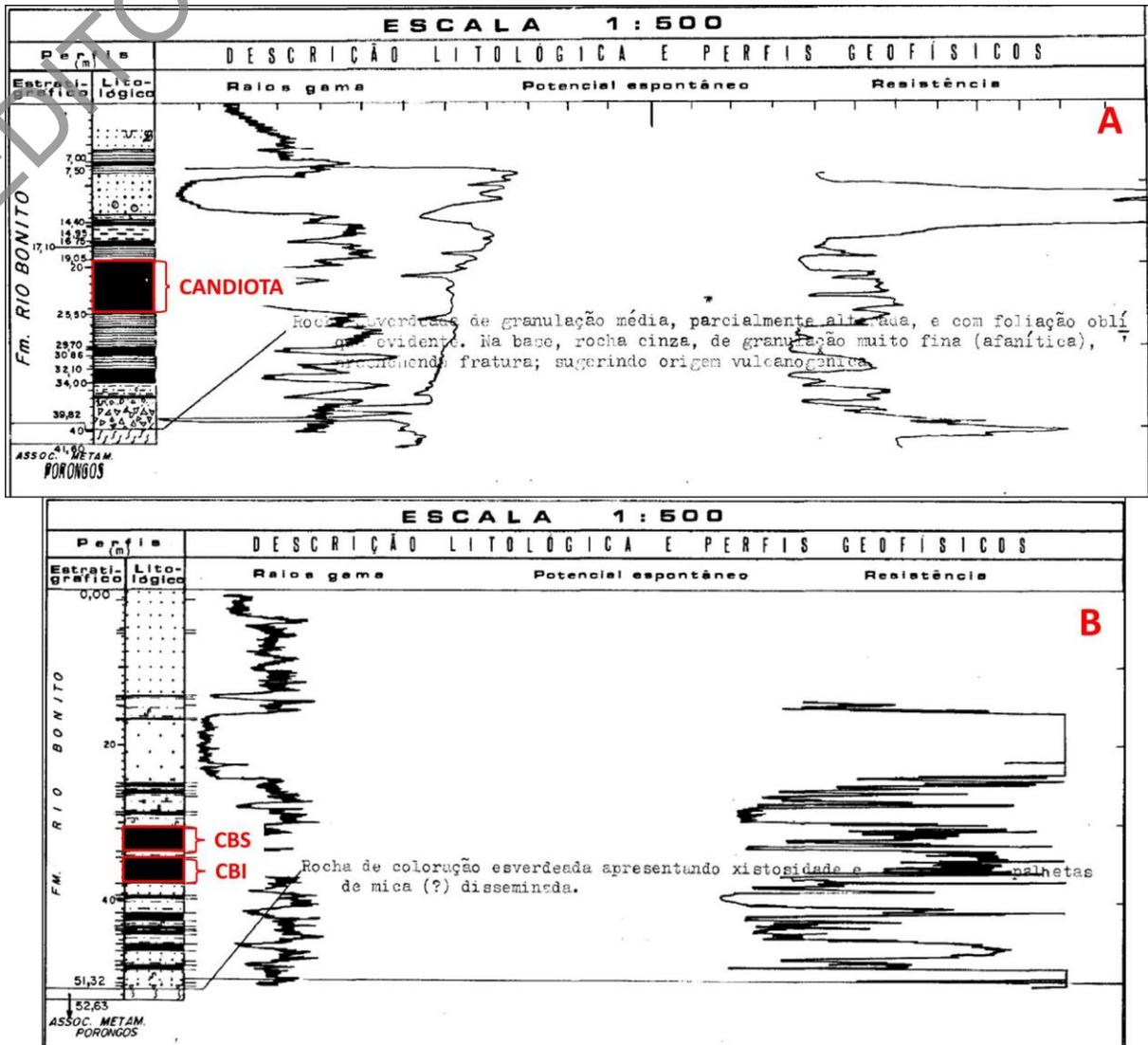
As seções criadas no software permitem a visualização das informações de qualquer coluna das tabelas de entrada. Além disso, é possível nivelar os furos pela cota com relação ao nível do mar (Figura 23A) ou por algum estrato (Figura 23B), facilitando a interpretação da correlação entre as camadas.

**Figura 23** – Seção vertical gerada no Strata 3D, exibindo a correlação dos estratos entre os furos de sondagem SC-115-RS, SC-106-RS e SC-108-RS. A – Os furos nessa seção estão nivelados pela cota em relação ao nível do mar. B – Os furos nessa seção estão nivelados pela camada de carvão Candiota.



Durante a interpretação das correlações, notou-se que não havia um padrão para a descrição da camada Candiota nos furos. Em alguns, a camada estava descrita como uma camada inteira (Figura 24A) e, em outros, estava separada em dois bancos (Figura 24B): superior (CBS) e inferior (CBI). Em vista disso, decidiu-se dividir a camada Candiota, que estava descrita como uma camada, em dois bancos em todos os furos. Dessa maneira, foi possível determinar a espessura e o litotipo do estéril entre os bancos, para então se avaliar a maneira mais adequada para modelar a camada Candiota.

**Figura 24** – Exemplos de logs com a camada Candiota. A – Furo BC-012-RS, no qual a camada Candiota foi descrita como uma camada. B – Furo BC-011-RS, no qual a camada Candiota foi descrita em dois bancos separados: CBS e CBI.



O critério utilizado para a modelagem da camada Candiota foi a espessura de estéril em relação à espessura total dos bancos (CT). Na porção norte, blocos Hulha Negra e Seival, os bancos de carvão superior e inferior são menos espessos e a camada de estéril entre eles tem maior expressividade; portanto, a camada Candiota foi modelada como dois bancos separados, CBS e CBI, enquanto na porção sul, a camada Candiota foi modelada como uma camada inteira, devido à irrelevância do leito de estéril entre os dois bancos de carvão. Isso corrobora a forma com que a camada Candiota foi apresentada nos relatórios finais de pesquisa.

As camadas CI3 e CI4 também apresentam o mesmo problema: em alguns furos, foram descritas como camadas separadas e, em outros, como a mesma camada CI3+CI4. Portanto, adotou-se o mesmo critério utilizado na modelagem da camada Candiota (Quadro 7).

Ressalta-se que não foi possível correlacionar todas as camadas de carvão descritas nos furos, sendo correlacionadas apenas as de maior expressividade no depósito. Terminada essa correlação, os furos foram compositados pelo STRATUM.

**Quadro 7** – Ordem estratigráfica das camadas de carvão interpretadas e correlacionadas no depósito de Candiota

Camadas de carvão interpretadas e correlacionadas	Norte	Sul
	CS9	CS9
	CS8	CS8
	CS7	CS7
	CS6	CS6
	CS5	CS5
	CS4	CS4
	CS2	CS2
	CS1	CS1
	CBS	Candiota
	CBI	
	CI1	CI1
	CI2	CI2
	CI3CI4	CI3CI4
	CI5	CI5
	CI6	CI6
	CI7	CI7
	CI8	CI8
	CI9	CI9

### 9.1.3 Ajustes na tabela de resultados analíticos

Alguns ajustes nos resultados analíticos originais foram necessários, devido à falta de padronização na seleção das amostras das camadas de carvão. Algumas análises foram realizadas na camada Candiota inteira, incluindo o estéril entre os dois bancos, e outras, em cada um dos bancos separadamente. Observa-se o mesmo problema nas camadas CI3 e CI4 (Quadro 8).

**Quadro 8** – Distribuição da quantidade de análises por camada de carvão

Camadas Superiores								Camada Candiota				Camadas Inferiores							
1	2	3	4	5	6	7	8	Inteira	CBS+ CBI	CBS	CBI	1	2	3+ 4	3	4	5	6	7
10	29	1	37	13	25	14	1	30	4	120	86	4	95	6	30	34	6	4	3

Outra questão que demandou ajustes foi que, em alguns casos, na reinterpretação da correlação das camadas de carvão, agrupou-se mais de um leito ou camada no mesmo STRATUM. No entanto, essas camadas, que antes não estavam agrupadas, mas no modelo atual estão, foram analisadas separadamente e, às vezes, apenas uma dessas camadas agrupadas foi analisada (Quadro 9).

A solução ideal para essa questão seria reanalisar as camadas de carvão agrupadas, porém essas camadas não mais existem, já que, na época em que foram analisadas, utilizou-se o intervalo inteiro para os ensaios. Diante dessa situação, nos casos em que duas camadas foram agrupadas no mesmo STRATUM, mas apenas uma delas foi analisada, decidiu-se adotar o resultado da camada analisada para o STRATUM completo. Já nas camadas agrupadas, em que todas tinham resultados analíticos, foi possível calcular a média ponderada pelo peso das amostras e aplicar esse valor para o STRATUM.

Também foi necessário realizar alguns ajustes nos valores de cinzas e enxofre a serem estimados. Isso porque algumas análises não possuem os valores desses parâmetros para a amostra cabeça. Portanto, foi preciso criar duas colunas (CINZMOD e S\_MOD), que mesclassem os valores de cinzas e enxofre da amostra cabeça, no caso das análises com esses resultados, com os valores da média ponderada pelo peso das frações densimétricas calculados nas colunas CINZCAL e S\_CAL.

**Quadro 9** – Distribuição da quantidade de análises por camada de carvão (camadas modeladas e camadas analisadas)

Furo	Stratum	Camadas Modeladas	Camadas Analisadas	Furo	Stratum	Camadas Modeladas	Camadas Analisadas
BC-001-RS*	CI3CI4	F+G	F	HV-033-RS**	CANDIOTA	C+D+E	C+D
BC-002-RS*	CI3CI4	E+F	E	HV-034-RS*	CI2	F+G	G
BC-002-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)	HV-034-RS*	CI3CI4	H+I	I
BC-003-RS*	CI3CI4	D+E	D	HV-042-RS*	CI2	C+D	D
BC-003-RS**	CANDIOTA	B	B(CBS+CBI)	HV-055-RS**	CI2	D+E+F	D
BC-004-RS*	CI3CI4	E+F	E	HV-055-RS**	CI2	D+E+F	E
BC-004-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)	HV-055-RS**	CI2	D+E+F	F
BC-005-RS*	CI3CI4	E+F	E	HV-056-RS*	CI2	L1+A	A
BC-005-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)	SC-002-RS*	CI2	E+L1+F	F
BC-006-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)	SC-002-RS**	CBI	A+B	B
BC-007-RS*	CI3CI4	L2+G	F	SC-002-RS**	CBS	A+B	A
BC-007-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)	SC-003-RS*	CI2	E+F	F
BC-008-RS*	CI3CI4	C+D	C	SC-005-RS*	CI3CI4	C+D+E	C
BC-008-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)	SC-008-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
BC-012-RS*	CI3CI4	F+G	F	SC-009-RS*	CI3CI4	L3+D	D
BC-012-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)	SC-011-RS**	CI3CI4	G+H	G+H
BC-013-RS*	CI3CI4	G+H	H	SC-012-RS*	CI3CI4	C+D	D
BC-014-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)	SC-013-RS*	CI2	D+E	E
BC-015-RS*	CI3CI4	F+G	G	SC-013-RS*	CI3CI4	F+G	F
BC-015-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)	SC-015-RS*	CI2	G+H	H
BC-016-RS*	CI3CI4	F+G	G	SC-017-RS*	CI2	E+F	E
BC-016-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)	SC-018-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)
BC-017-RS*	CI3CI4	F+G	F	SC-019-RS*	CI2	L3+F	F
BC-018-RS*	CANDIOTA	A+B	B	SC-020-RS*	CI3CI4	F+G	F
BC-018-RS*	CI3CI4	D+E	E	SC-030-RS*	CI2	F+G	G
BC-019-RS*	CI3CI4	E+F	F	SC-030-RS**	CBI	C+D	D
BC-019-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)	SC-030-RS**	CBS	C+D	C
CD-005-RS*	CI2	L4+D	D	SC-070-RS*	CANDIOTA	A	A(CBI)
HN-005-RS*	CBS	C+L4	C	SC-073-RS*	CI2	C+D	D
HN-012-RS*	CBS	L1+A	A	SC-075-RS**	CBI	A+B	B
HN-013-RS*	CBS	C+L4	C	SC-075-RS**	CBS	A+B	A
HN-013-RS*	CI3CI4	L6+L7+E	E	SC-081-RS*	CI3CI4	F+G	G
HN-014-RS*	CBS	L3+D	D	SC-082-RS*	CI3CI4	G+H+I	G
HN-019-RS*	CI4	L8+J	J	SC-082-RS*	CI3CI4	G+H+I	H
HN-020-RS*	CBS	L5+D	D	SC-088-RS*	CI3CI4	D+E	E
HN-022-RS*	CBI	L4+E	E	SC-088-RS**	CANDIOTA	A+B	A+B
HN-022-RS*	CBS	D+L3	D	SC-089-RS**	CANDIOTA	C	C(CBS+CBI)
HN-023-RS****	CBS+CBI	F+G	F+G	SC-089-RS**	CI3CI4	G+H	G+H
HN-035-RS*	CBS	L3+L4+L5+B	B	SC-100-RS**	CANDIOTA	B+C	B+C
HN-160-RS**	CI3CI4	H+I	H	SC-101-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)
HN-160-RS**	CI3CI4	H+I	I	SC-102-RS**	CBI	H+I	I
HV-021-RS*	CANDIOTA	A+B+C	A	SC-102-RS**	CBS	H+I	H
HV-021-RS*	CI2	F+G	G	SC-103-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)
HV-021-RS*	CI3CI4	H+I	H	SC-104-RS*	CANDIOTA	C	C
HV-021-RS*	CI7	L+M	M	SC-106-RS**	CANDIOTA	A+B	A+B
HV-022-RS*	CANDIOTA	D+E	D	SC-107-RS***	CANDIOTA	C	C+D
HV-022-RS*	CI2	G+H	G	SC-108-RS**	CANDIOTA	D	D(CBS+CBI)
HV-023-RS*	CS1	L1+B	B	SC-110-RS*	CI3CI4	E+F	F
HV-023-RS**	CI2	E+F	E	SC-110-RS**	CANDIOTA	B	B(CBS+CBI)
HV-023-RS**	CI2	E+F	F	SC-114-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-024-RS*	CANDIOTA	A+B	B	SC-115-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-024-RS*	CI2	E+F	F	SC-116-RS**	CANDIOTA	B	B(CBS+CBI)
HV-028-RS*	CI3CI4	I+J	J	SC-119-RS*	CI3CI4	C+D	D
HV-028-RS*	CS2	A+B	A	SC-119-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-029-RS**	CI2	B+C	B	SC-120-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-029-RS**	CI2	B+C	C	SC-123-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-033-RS*	CI2	H+I	I	SC-124-RS**	CANDIOTA	A	A(CBS+CBI)
HV-033-RS*	CI3CI4	J+K	K	SC-125-RS**	CANDIOTA	A+B	A+B

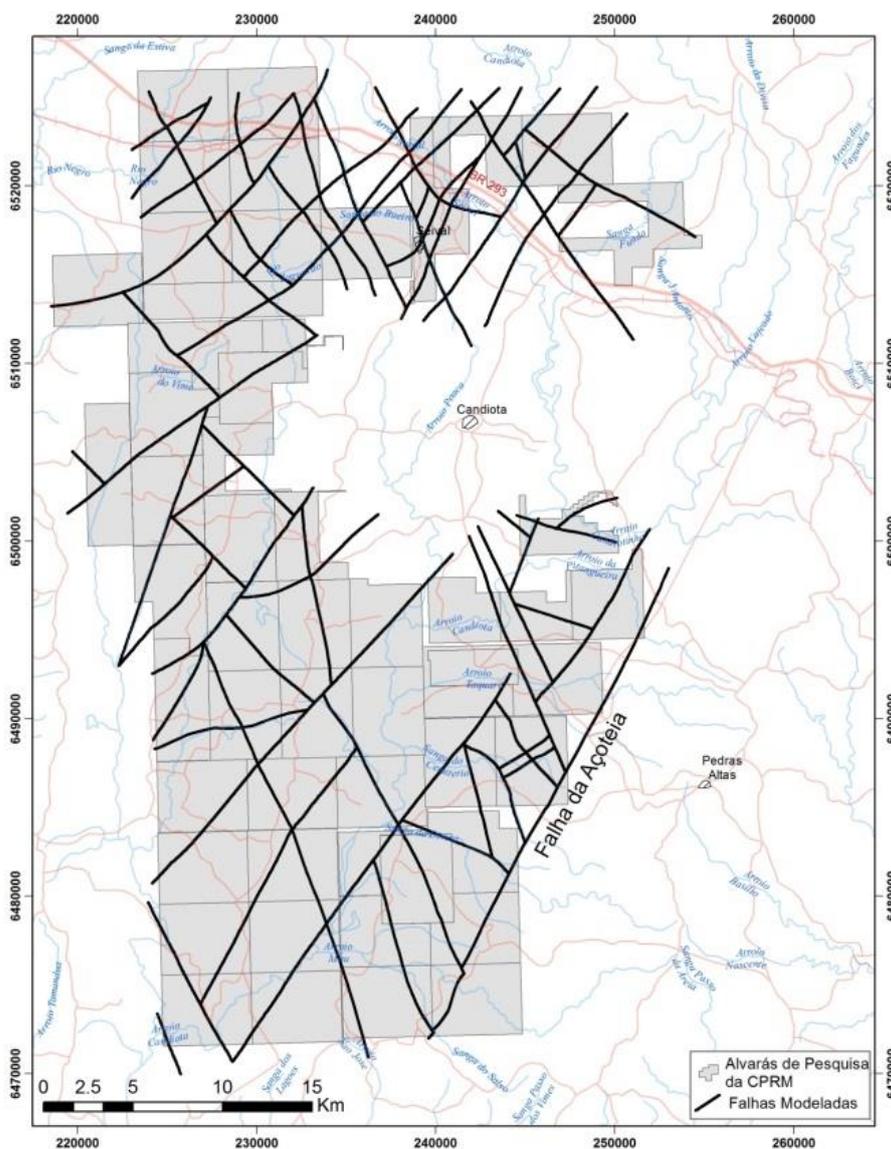
Notas: (\*) Analisada somente uma camada que compõe o Stratum. (\*\*) Analisadas separadamente as duas camadas que compõem o Stratum. (\*\*\*) Aparentemente, pelo certificado, analisaram-se as camadas C+D; no modelo, a CBI foi considerada somente como a C. (\*\*\*\*) Analisada como uma camada, mas, na modelagem, foi separada em dois bancos.

### 9.1.4 Falhas

O aspecto estrutural caracteriza-se por um sistema ortogonal de falhas de gravidade com alto ângulo e direções NE-SW e SE-NW, formando sucessivas estruturas de grabens e horts. As principais falhas NE-SW alinham-se paralelamente à grande Falha da Açoteia, principal falha da região localizada no limite sudeste das áreas da CPRM (Figura 25).

Procedeu-se à modelagem das falhas a partir de dados de contorno estrutural digitalizados (ver Figura 22). Porém, não foi possível modelar essa grande quantidade de falhas com os dados de furos de sondagem, porque a densidade de informações das falhas é maior do que a densidade de distribuição dos furos, tornando inviável o cálculo do rejeito de todas elas. Portanto, para a modelagem foram calculados os rejeitos apenas das principais falhas.

**Figura 25** – Mapa da região do projeto Candiota, com as falhas interpretadas para a modelagem 3D.



Procedeu-se ao cálculo do rejeito por meio de uma ferramenta do software Strata 3D. Na validação desses rejeitos, considerou-se um leve mergulho regional de direção SW. Os rejeitos calculados variam de -150 m a 250 m, sendo o rejeito negativo para falhas normais e o positivo para falhas reversas. Mostrou-se também necessário adaptar levemente as formas

de algumas falhas para corroborar os furos de sondagem e as feições geomorfológicas, como drenagens (Figura 25).

### 9.1.5 Interpolação

Os estratos correlacionados em conjunto com as falhas permitiram, a partir de métodos de interpolação, a geração de superfícies de topo e base e a construção de sólidos para cada um dos Stratum (camadas de carvão).

A metodologia de modelagem 3D do software Strata 3D utiliza dois interpoladores distintos para a construção de sólidos: um para a espessura e outro para as superfícies. Após a realização de diversos testes, concluiu-se que o melhor método para o modelo do depósito do Projeto Candiota era a triangularização para a espessura, enquanto para a geração das superfícies o método de interpolação “Vizinho mais Próximo” (Nearest Neighbor) obteve os melhores resultados.

A distribuição dos furos de sondagem pelas áreas da CPRM é muito heterogênea; portanto, utilizou-se o raio de busca de 2.000 m, que abrange todas as áreas.

## 9.2 Sólidos Gerados

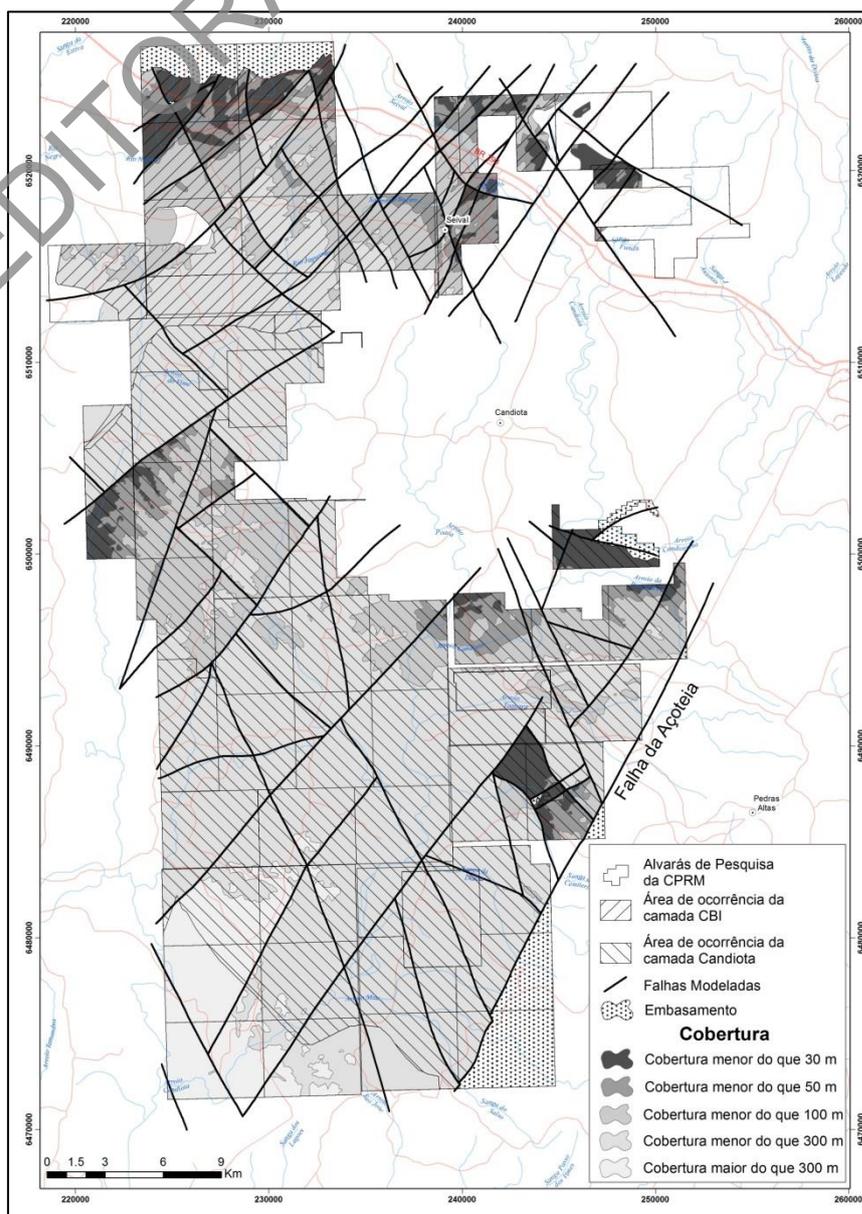
Inicialmente, na correlação das camadas de carvão identificaram-se nove camadas superiores, nove camadas inferiores, além da camada Candiota. No entanto, devido à ocorrência restrita das camadas 8 e 9, tanto superiores quanto inferiores, optou-se por não as modelar. As camadas de carvão mais expressivas no depósito em relação à área de abrangência (Quadro 10) e volume, além da própria Candiota, são as de nºs CI2, CI3CI4, CI1, CS1 e CS2. As demais camadas são pouco espessas e apresentam continuidade lateral mais restrita e menor relevância.

**Quadro 10** – Áreas de abrangência das camadas de carvão no depósito de Candiota.

Camada	Área (m <sup>2</sup> )
CS7	29.536.714
CS6	141.770.207
CS5	158.872.666
CS4	225.594.227
CS3	85.467.616
CS2	319.475.120
CS1	370.355.938
Candiota	630.280.729
CBS	153.128.017
CBI	196.428.012
CI1	524.984.464
CI2	792.063.504
CI3CI4	608.700.506
CI5	234.212.603
CI6	317.927.455
CI7	172.215.518

As camadas de carvão abrangem a maior parte das áreas da CPRM e ocorrem em todos os alvarás de pesquisa. As porções norte do Bloco Hulha Negra, nordeste da área Passo da Conceição e leste da Falha da Açoteia não apresentam camadas de carvão devido ao afloramento de rochas pré-cambrianas do embasamento. Já na região leste do Bloco Seival, a ausência de carvão pode ser explicada pelo alçamento dos blocos estruturais, o que ocasionou a erosão das camadas de carvão. As outras áreas estéreis são zonas onde não foi depositado carvão (Figura 26).

Figura 26 – Mapa de isocobertura sobre a camada Candiota.



Notas: (\*) Na porção norte, considerou-se a cobertura acima da camada CBI.

(\*\*) Nas regiões onde não ocorre a camada Candiota ou a CBI, considerou-se a camada adjacente de maior relevância como parâmetro.

A seqüência sedimentar mergulha suavemente para SW, com valores que oscilam de 1 a 3°, com pequenas variações locais (Figuras 27 e 28). A disposição das camadas de carvão é bastante controlada pela compartimentação estrutural da região, que é caracterizada por falhas normais e inversas com alto ângulo e direções NE-SW e SE-NW. O sistema de falhas acarretou a elevação topográfica de alguns blocos, de forma que os processos erosionais que atuaram sobre esses blocos alçados propiciaram a redução da cobertura sobre o pacote carbonoso, o que justifica a presença de porções com coberturas pouco espessas, mesmo em regiões mais meridionais do depósito (Figura 26).

Figura 27 – Na parte superior da figura, a vista de oeste para leste do modelo em 3D; na parte inferior, a seção vertical N-S do modelo de Candiota.

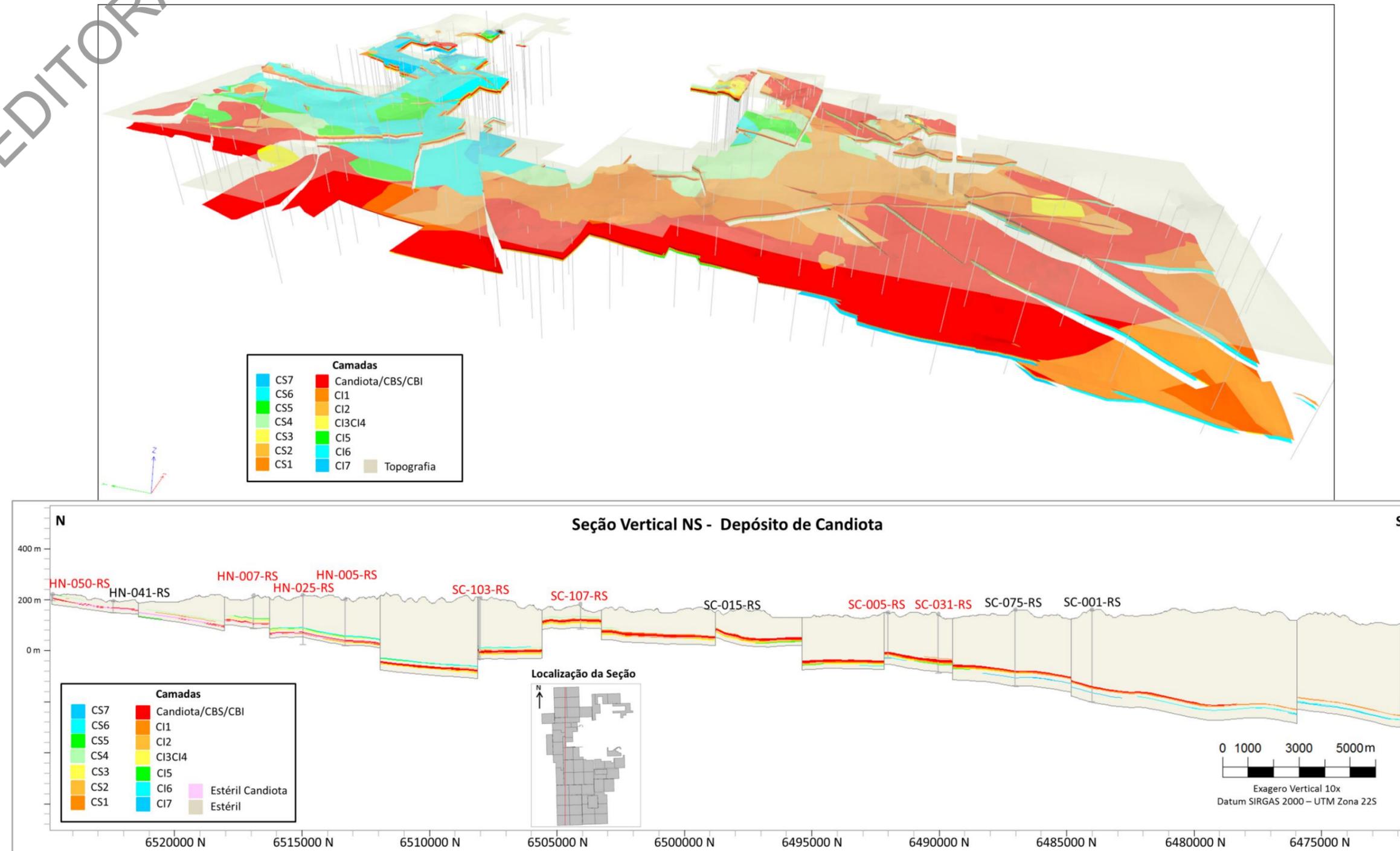
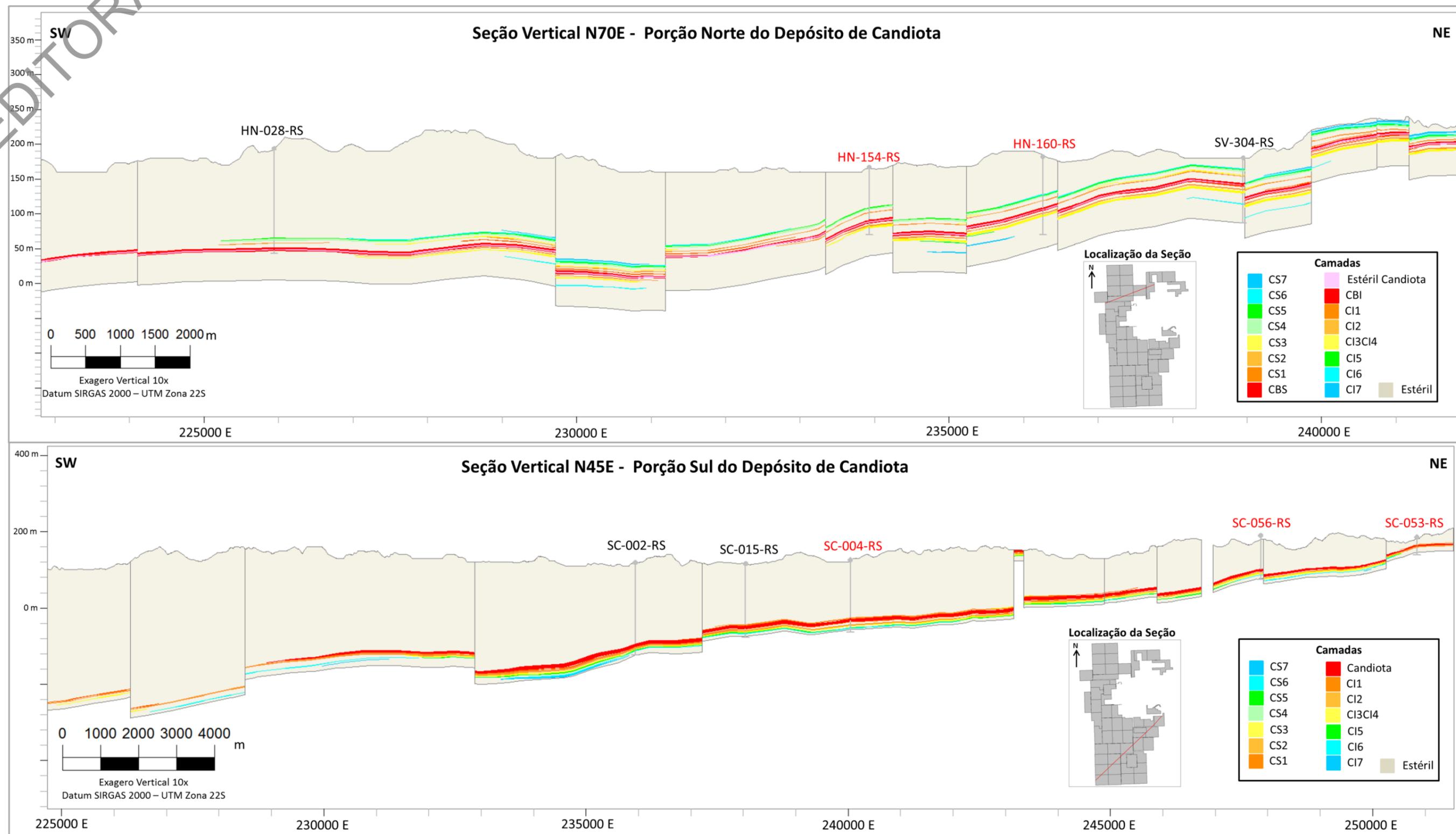


Figura 28 – Seções verticais N70E e N45E do depósito de Candiota.



### 9.2.1 Camada Candiota

A camada Candiota é a mais expressiva em termos de área e volume no depósito homônimo em estudo. Dos 323 furos utilizados na modelagem, apenas 35 não interceptam essa camada, sendo que estes se encontram nos extremos sul, nordeste e noroeste das áreas (Figura 29). O único alvará de pesquisa que não apresenta a camada Candiota é o de número 810.015/1984, na extremidade sudoeste do depósito.

A camada é constituída por dois bancos de carvão: um superior (CBS) e um inferior (CBI), separados por uma camada de estéril síltico. A espessura desse estéril diminui em direção ao sul, dado que na porção norte pode ultrapassar 4 m, enquanto em porções mais austrais chega a poucos centímetros. Observando-se essa variação de espessura e a proporção de carvão/estéril na camada, optou-se por modelar a camada Candiota de duas maneiras: como uma camada inteira, nos casos em que a camada de estéril é irrelevante, comparada aos bancos de carvão, e como dois bancos separados, CBS e CBI, onde a camada de estéril é representativa com relação aos bancos de carvão. Portanto, na porção norte, que abrange os blocos Hulha Negra e Seival, a camada Candiota foi modelada como CBS e CBI. Já nos blocos mais ao sul, foi tratada como uma única camada de carvão (Figura 29). Para facilitar a compreensão, a descrição das características da camada Candiota será dividida entre as porções norte e sul.

Na porção norte, a área de abrangência da camada CBS é cerca de 20% menor do que a área da CBI. No entanto, devido à sua maior espessura, a camada CBS apresenta maior volume, sendo, portanto, a principal dessa região. As maiores espessuras de CBS ocorrem na porção sudoeste, onde varia de 2,5 a quase 3,5 m; de maneira gradual, torna-se menos espessa na direção norte, com espessuras menores que meio metro. A média de espessura da camada total do banco superior é de 1,93 m, com razão CC/CT média de 88%. A camada CBI, por sua vez, apresenta as maiores espessuras na porção oeste, onde pode ultrapassar 2 m de espessura. O furo que registra a maior espessura de carvão total é o SV-020-RS, porém este se encontra fora das áreas. A espessura média da camada total é de 0,84 m, com razão CC/CT média de 86%.

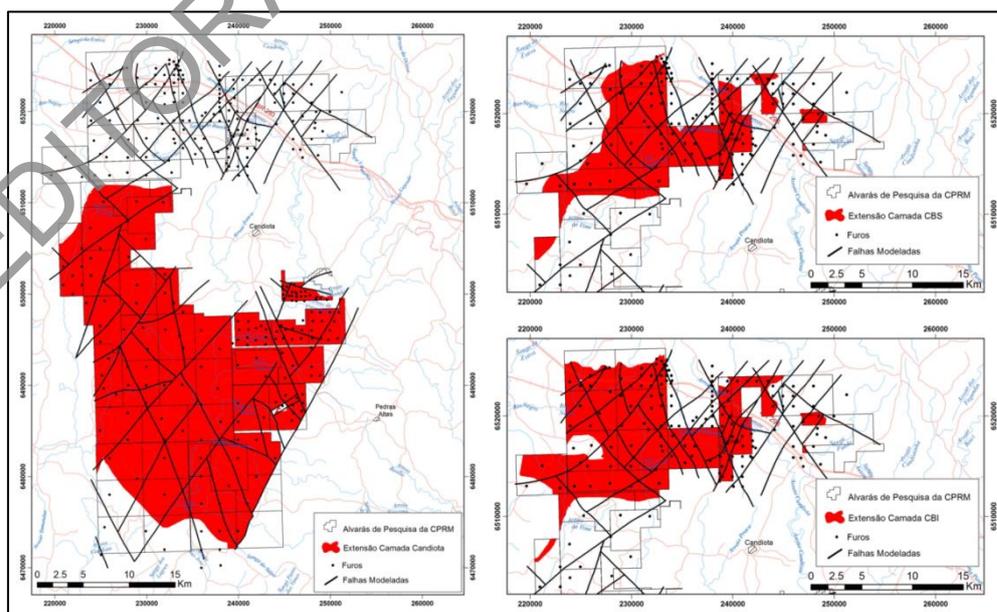
A camada CBS possui 60 amostras analisadas para teor de cinzas e enxofre, 57 resultados de ensaios de densidade e 40 análises de poder calorífico. Já a camada CBI possui 52 amostras analisadas para teor de cinzas e enxofre, 37 resultados de ensaios de densidade e 33 análises de poder calorífico (Tabela 10).

A cobertura da camada Candiota foi considerada tomando-se como base o topo do banco inferior (CBI) e varia entre valores menores do que 10 m a 215 m. As porções norte do Bloco Hulha Negra e boa parte do Bloco Seival apresentam coberturas inferiores a 50 m; já os extremos sul e centro-oeste são as zonas com maiores coberturas, observadas no furo HN-024-RS.

Na porção sul, a camada Candiota apresenta espessuras muito mais expressivas, variando entre 1,21 e 13 m. A camada se mostra mais espessa das bordas do depósito em direção ao centro, atingindo sua espessura máxima no furo HV-021-RS. A média de espessura da camada é de 5,56 m, com razão CC/CT média de 86% (Tabela 10). A espessura da camada de estéril possui média de 40 cm, portanto, bem menos expressiva do que na porção norte.

A profundidade da camada Candiota aumenta na direção sudoeste, onde pode extrapolar 300 m. Devido à compartimentação estrutural, alguns blocos foram soerguidos, de forma que os processos erosionais propiciaram a redução da cobertura sobre o pacote carbonoso. Dessa maneira, algumas porções apresentam coberturas menores do que 50 m, como na região de Arroio dos Vimes, Arroio Pitangueira e Estância da Glória.

Foram realizadas 84 análises de teor de cinzas e enxofre, 83 de densidade e 61 análises de poder calorífico em amostras da camada Candiota (Tabela 10).

**Figura 29** – Distribuição da camada Candiota (inteira), CBS e CBI no depósito de Candiota.**Tabela 10** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada Candiota, CBS e CBI

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CANDIOTA	CT	159	1,21	13,00	5,56	1,99	1,41	0,11
CANDIOTA	CC	159	0,90	10,56	4,79	1,45	1,20	0,10
CANDIOTA	ESP_EST	148	0,03	0,90	0,40	0,03	0,18	0,01
CANDIOTA	CC/CT	159	0,70	1,00	0,86	0,00	0,05	0,00
CANDIOTA	CINZAS	84	44,90	66,24	52,61	11,01	3,32	0,16
CANDIOTA	ENXOFRE	84	0,54	8,53	1,57	0,63	0,79	0,04
CANDIOTA	DENSIDADE	83	1,48	2,06	1,78	0,01	0,09	0,00
CANDIOTA	P.CAL.	61	2.467	4.321	3.166	78.443	280	16
CBS	CT	108	0,31	3,35	1,93	0,35	0,59	0,06
CBS	CC	108	0,24	2,83	1,70	0,30	0,55	0,05
CBS	CC/CT	108	0,35	1,00	0,88	0,01	0,10	0,01
CBS	CINZAS	60	43,91	60,90	50,82	15,12	3,89	0,35
CBS	ENXOFRE	60	0,99	6,46	2,65	1,27	1,13	0,10
CBS	DENSIDADE	57	1,46	2,05	1,76	0,01	0,12	0,01
CBS	P.CAL.	40	2.219	3.735	3.139	110.892	333	37
EST_IN	ESPESSURA	108	0,23	4,14	1,12	0,18	0,42	0,04
CBI	CT	129	0,04	2,61	0,84	0,23	0,48	0,04
CBI	CC	129	0,04	1,81	0,72	0,14	0,37	0,03
CBI	CC/CT	129	0,48	1,00	0,86	0,01	0,12	0,01
CBI	CINZAS	52	36,05	62,90	52,55	18,89	4,35	0,58
CBI	ENXOFRE	52	0,47	13,25	3,23	7,44	2,73	0,36
CBI	DENSIDADE	37	1,60	2,03	1,79	0,01	0,12	0,02
CBI	P.CAL.	33	2.219	4.219	3.055	105.720	325	56

### 9.2.2 Camada CI2

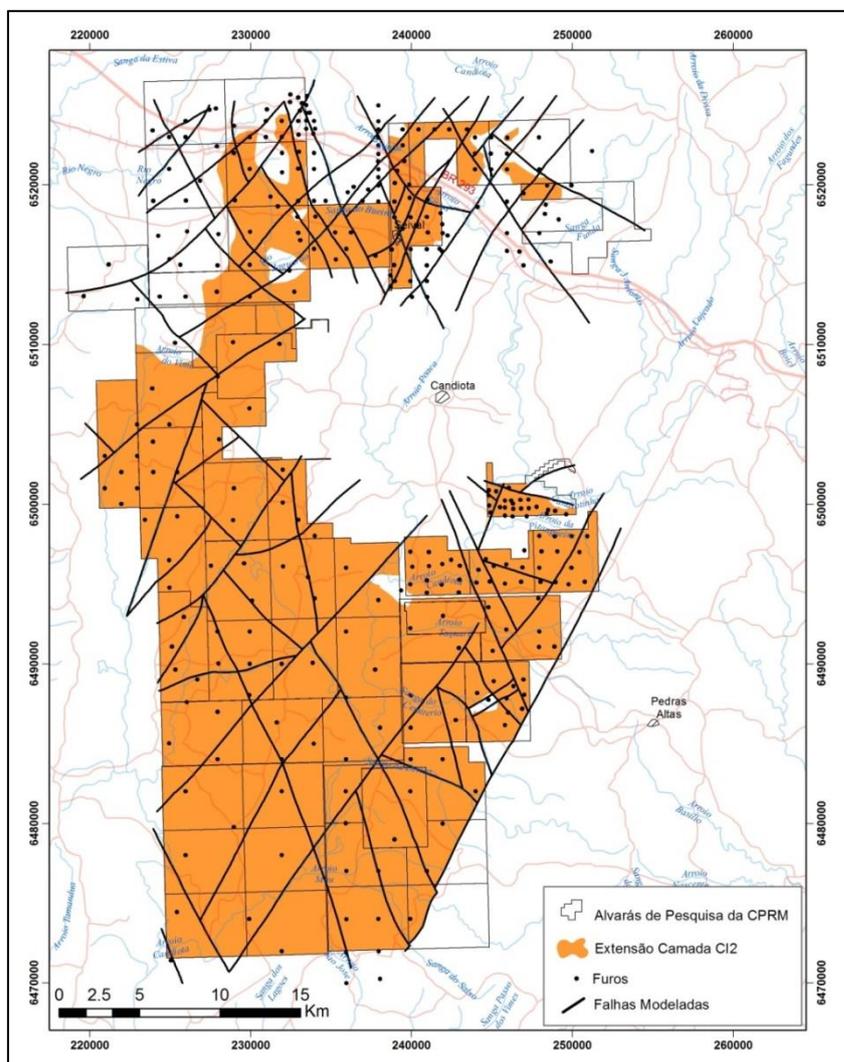
A CI2 é a segunda camada de carvão mais importante do depósito de Candiota, tanto em área quanto em volume. Interceptada em 249 furos dos 323 utilizados na modelagem, essa camada de carvão estende-se até a extremidade sul das áreas da CPRM, inclusive em áreas onde não ocorre a camada Candiota. Por outro lado, a porção oeste do Bloco Hulha Negra, apesar de apresentar outras camadas de carvão, não possui registro da camada CI2 (Figura 30). Geralmente, ocorre entre 3 e 4 m abaixo da camada Candiota. Na região norte do depósito,

muitas vezes, é a primeira camada abaixo da Candiota, em virtude da descontinuidade da camada CII nessa porção do depósito.

Apresenta espessura média de 1,14 m, que aumenta de noroeste, onde ocorre como um fino leito menor do que 0,5 m, em direção ao sudeste, onde exhibe espessuras que variam entre 2 e 3 m, podendo extrapolar esse valor em alguns casos extraordinários. Os furos HV-021-RS e HV-057-RS são essas exceções e interceptam a camada em seus pontos mais espessos, com 4,55 e 3,26 m, respectivamente. A relação CC/CT média é de 88%.

Foram realizadas 92 análises em amostras da camada CI2, porém apenas 83 dessas análises tiveram ensaios de densidade e 65 de poder calorífico (Tabela 11).

**Figura 30** – Distribuição da camada CI2 no depósito de Candiota.



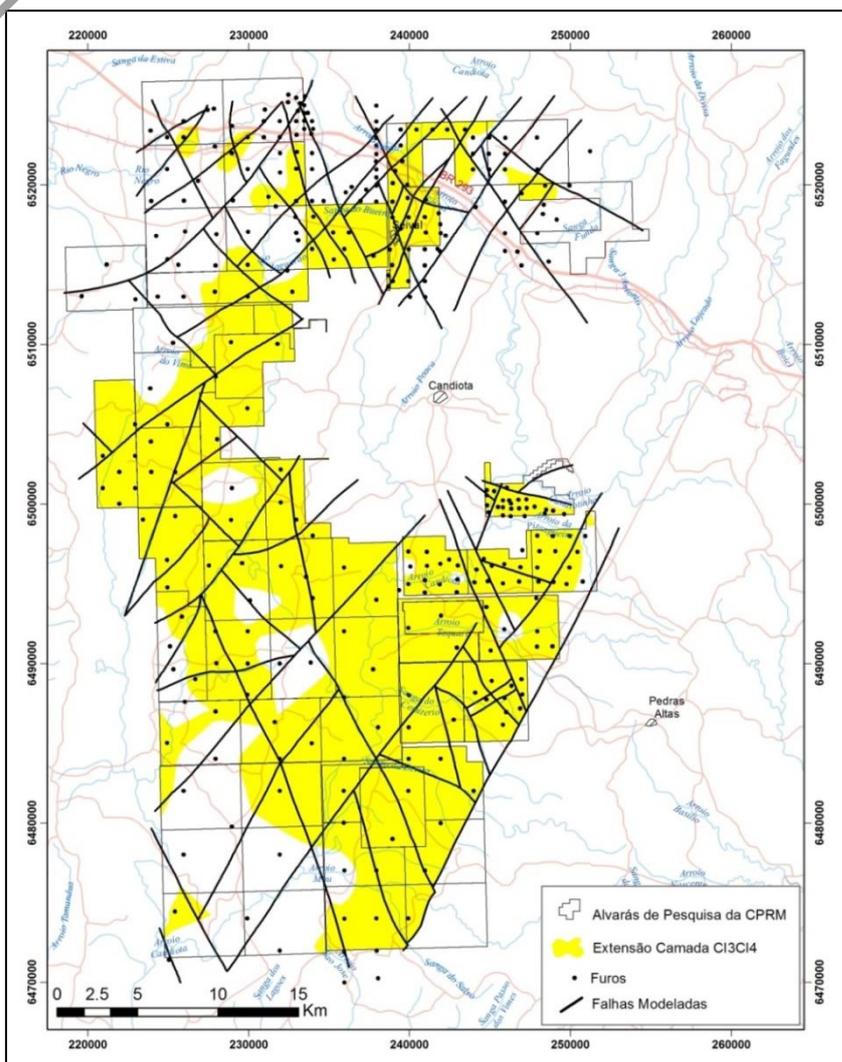
**Tabela 11** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CI2

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CI2	CT	249	0,11	4,55	1,14	0,41	0,64	0,04
CI2	CC	249	0,11	3,29	1,00	0,25	0,50	0,03
CI2	CC/CT	249	0,45	1,00	0,88	0,01	0,11	0,01
CI2	CINZAS	92	31,91	77,22	57,62	23,35	4,83	0,43
CI2	ENXOFRE	92	0,44	4,00	1,43	0,59	0,77	0,07
CI2	DENSIDADE	83	1,36	2,05	1,83	0,01	0,12	0,01
CI2	P.CAL.	65	1.136	3.413	2.765	162.105	403	43

### 9.2.3 Camada CI3CI4

As camadas inferiores CI3 e CI4, em geral, apresentam-se muito próximas, o que levou a que fossem consideradas como uma única camada na modelagem do depósito de Candiota. A camada CI3CI4 possui uma extensão um pouco menor do que a camada CI2, sendo interceptada por 216 furos (Figura 31). Habitualmente, ocorre entre 1 m e 3 m abaixo da camada CI2.

**Figura 31** – Distribuição da camada CI3CI4 no depósito de Candiota.



A espessura da camada varia bastante ao longo do depósito, aumentando a partir das bordas noroeste e sudoeste, onde se apresenta descontínua, em direção à borda leste. A variação da espessura é grande, devido à ausência em algumas regiões de um dos bancos. O furo CD-004-RS, que se encontra fora das áreas, corta a camada em seu ponto mais espesso, 6,12 m. A espessura média da camada CI3CI4 é de 1,79 m e a razão CC/CT média é de 63%, caracterizando, portanto, a pior proporção carvão/estéril dentre as principais camadas do depósito.

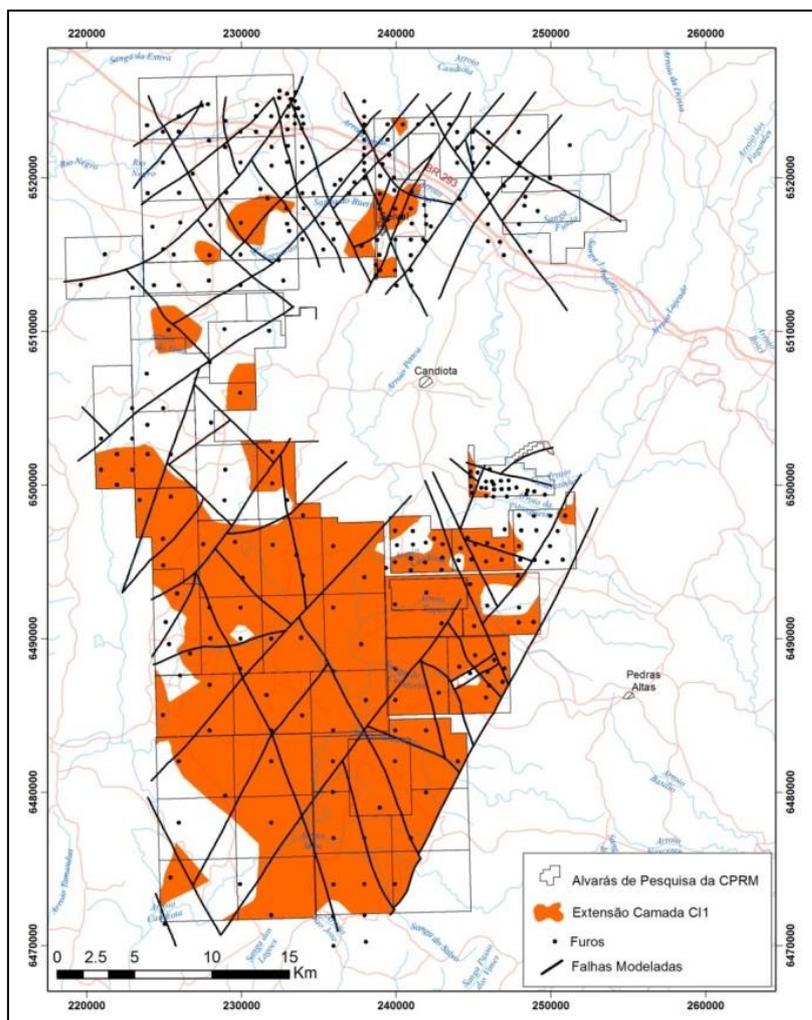
Foram analisadas 56 amostras da camada CI3CI4, realizadas 50 determinações de densidade, além de 43 resultados analíticos para poder calorífico (Tabela 12).

**Tabela 12** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CI3CI4

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CI3CI4	OT	216	0,08	6,12	1,79	0,76	0,87	0,06
CI3CI4	CC	216	0,08	2,60	1,12	0,30	0,55	0,04
CI3CI4	CC/CT	216	0,17	1,00	0,63	0,02	0,15	0,01
CI3CI4	CINZAS	56	42,84	65,87	54,18	32,53	5,70	0,52
CI3CI4	ENXOFRE	56	0,62	6,14	2,04	1,59	1,26	0,12
CI3CI4	DENSIDADE	50	1,60	2,07	1,78	0,02	0,13	0,01
CI3CI4	P.CAL.	43	2.251	4.150	3.080	175.164	419	44

### 9.2.4 Camada CI1

A camada CI1 é a terceira camada mais significativa em termos de área, ocorrendo em 127 dos 323 furos utilizados na modelagem. Contudo, apresenta-se delgada com relação às outras camadas principais. Na porção norte, a distribuição dessa camada é bastante irregular; em contrapartida, na porção sul a camada apresenta continuidade lateral representativa (Figura 32). Geralmente, ocorre cerca de 1,5 m abaixo da camada Candiota.

**Figura 32** – Distribuição da camada CI1 no depósito de Candiota.

A espessura média é de 0,34 m e só ultrapassa 1 m nos furos CD-007-RS, HV-058-RS, HV-060-RS e SC-032-RS. A razão CC/CT, por sua vez, é alta, com valor médio de 94% (Tabela 13).

Somente três amostras da camada CI1 foram analisadas, das quais duas tiveram determinação de poder calorífico (Tabela 13).

**Tabela 13** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada C1

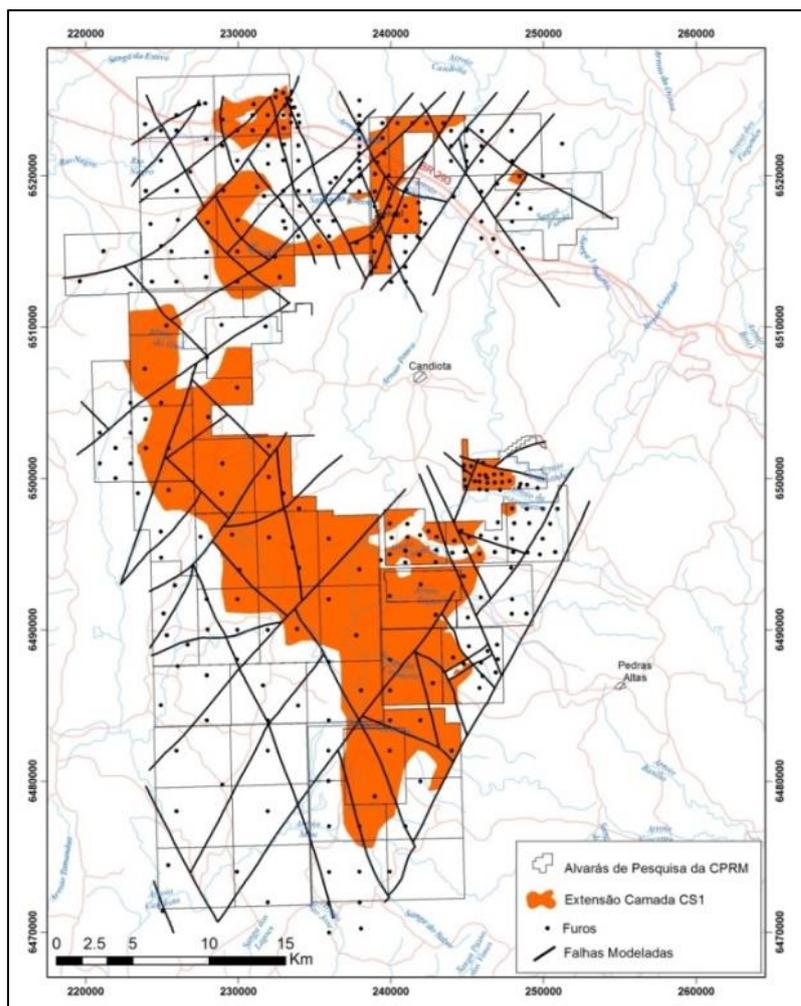
Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
C11	CT	127	0,03	1,66	0,34	0,06	0,25	0,02
C11	CC	127	0,03	1,62	0,32	0,04	0,21	0,02
C11	CC/CT	127	0,47	1,00	0,94	0,02	0,13	0,02
C11	CINZAS	3	48,36	54,10	51,59	6,14	2,48	1,35
C11	ENXOFRE	3	2,66	4,35	3,46	0,51	0,71	0,39
C11	DENSIDADE	3	1,71	1,80	1,75	0,00	0,04	0,02
C11	P. CAL.	2	3.177	3.400	3.275	12.255	111	65

### 9.2.5 Camada CS1

A camada CS1, dentre as camadas de carvão superiores, é a de maior importância, devido à sua proximidade da camada Candiota e sua continuidade lateral. Essa camada foi descrita em 146 furos dos 323 utilizados na modelagem e ocupa a faixa central do depósito de Candiota (Figura 33). Os limites das áreas da CPRM não apresentam essa camada. Normalmente, a CS1 encontra-se entre 1,5 e 2 m acima da camada Candiota.

A espessura média da camada CS1 é 0,52 m, com valor máximo de 1,85 m (Tabela 14). Apesar da pequena espessura média, há regiões onde a CS1 apresenta-se significativamente mais espessa, com valores superiores a 1,5 m, como a leste do Arroio dos Vimes, onde o furo SC-109-RS intercepta a camada em seu ponto mais espesso. A razão CC/CT média é 80%.

Foram encontrados resultados analíticos relacionados a 10 amostras da camada CS1, dos quais cinco possuem valores de densidade e sete de poder calorífico (Tabela 14).

**Figura 33** – Distribuição da camada CS1 no depósito de Candiota.

**Tabela 14** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CS1

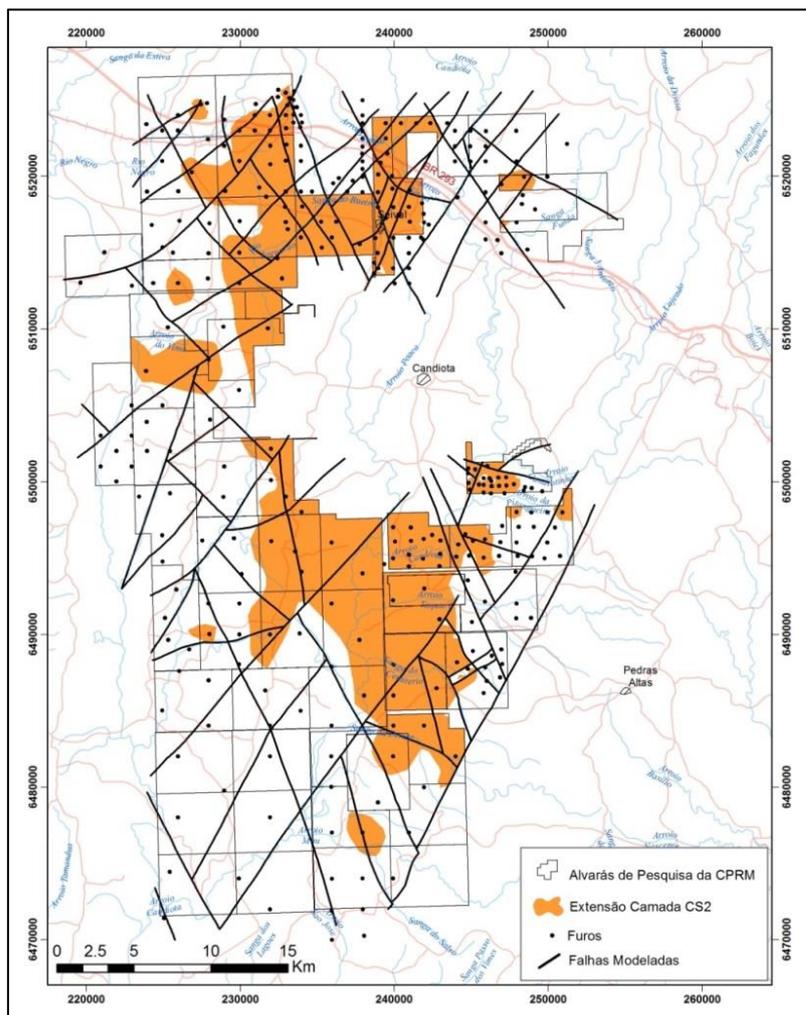
Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CS1	OT	146	0,05	1,85	0,52	0,14	0,38	0,03
CS1	CC	146	0,05	1,52	0,42	0,08	0,29	0,02
CS1	CC/CT	146	0,17	1,00	0,80	0,03	0,17	0,02
CS1	CINZAS	10	44,70	69,60	57,72	73,79	8,59	2,86
CS1	ENXOFRE	10	0,40	3,07	1,47	0,69	0,83	0,28
CS1	DENSIDADE	5	1,78	1,98	1,87	0,00	0,06	0,03
CS1	P.CAL.	7	1.830	3.778	2.675	551.719	743	295

### 9.2.6 Camada CS2

A camada de carvão CS2 ocorre de maneira semelhante à camada imediatamente inferior, CS1. Contudo, a área de abrangência dentro das áreas da CPRM é um pouco menor, apesar de ser interceptada por 20 furos a mais com relação à camada CS1; isso porque muitos desses furos encontram-se fora dos alvarás (Figura 34).

A espessura média da camada é de 0,61 m e a espessura máxima quase alcança 2 m no furo SC-017-RS. Além desse furo, apenas outros dois furos ultrapassam 1,5 m de espessura. A proporção de carvão e estéril média é 86% (Tabela 15).

Comparada à camada CS1, quase três vezes mais amostras da camada CS2 foram analisadas; dentre elas, apenas 12 possuem resultados de densidade e 22 de poder calorífico (Tabela 15).

**Figura 34** – Distribuição da camada CS2 no depósito de Candiota.

**Tabela 15** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras da camada CS2

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CS2	OT	166	0,07	1,91	0,61	0,08	0,29	0,02
CS2	CC	166	0,07	1,16	0,52	0,04	0,21	0,02
CS2	CC/CT	166	0,43	1,00	0,86	0,02	0,14	0,01
CS2	CINZAS	29	45,97	74,20	56,57	51,00	7,14	1,45
CS2	ENXOFRE	29	0,41	5,90	1,66	1,34	1,16	0,23
CS2	DENSIDADE	12	1,62	2,06	1,87	0,02	0,15	0,04
CS2	P.CAL.	22	1.330	3.674	2.684	341.617	584	139

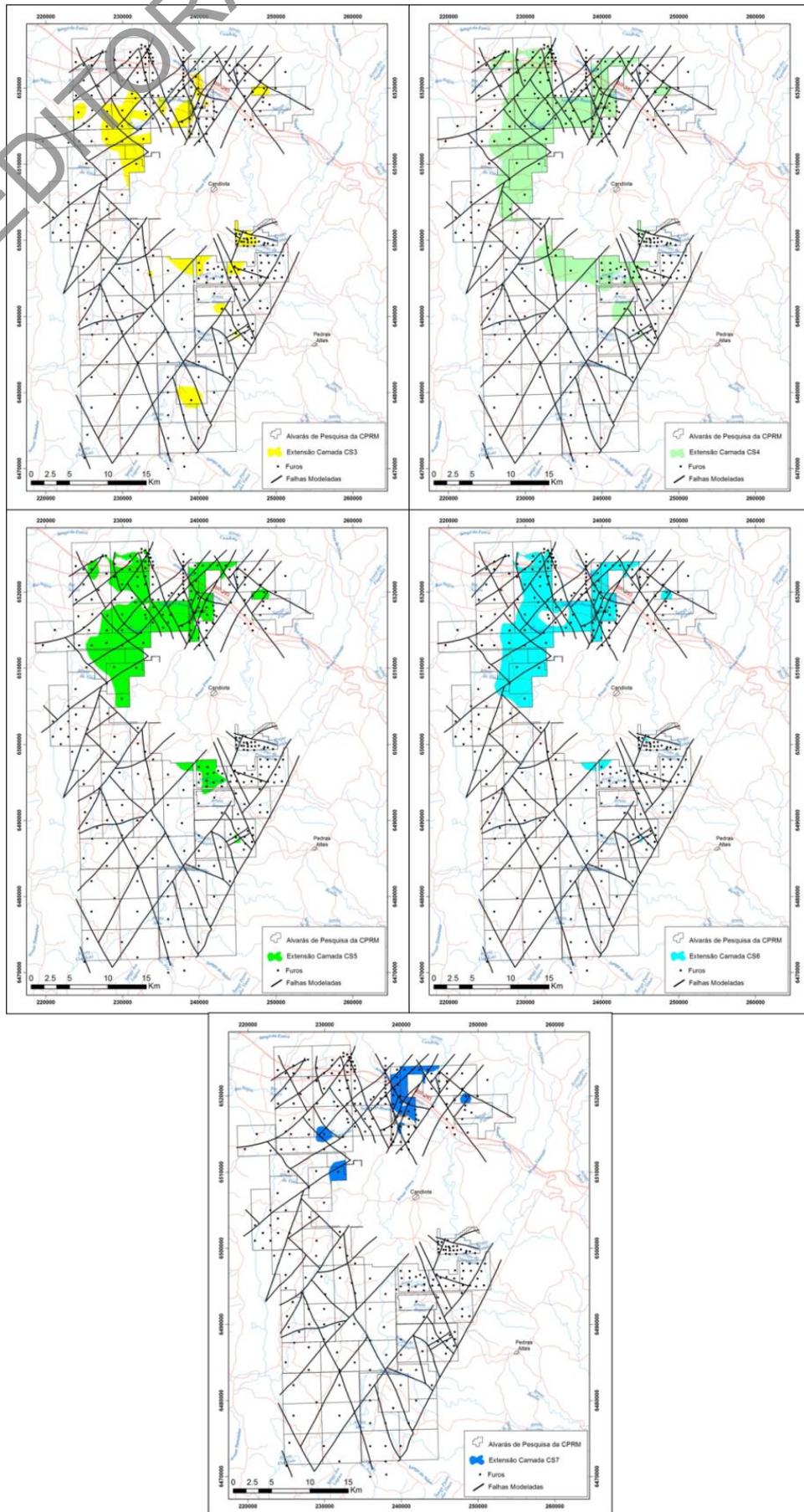
### 9.2.7 Demais camadas superiores

As demais camadas superiores (CS3, CS4, CS5, CS6 e CS7) são de ocorrência mais limitada e continuidade lateral irregular. No entanto, localmente, elas podem ser interessantes, em razão da proximidade com a superfície. A maioria delas ocorre exclusivamente na porção norte (Figura 35).

A camada CS4 destaca-se dentre as outras camadas superiores secundárias, devido à sua maior área de abrangência e espessura média relativamente alta – 0,77 m. Outra camada que chama a atenção é a CS7, que, apesar de ter a menor área, aparece com espessuras significantes, com média de 1,28 m.

Essas camadas superiores possuem proporcionalmente boa quantidade de amostras analisadas, à exceção da camada CS3, com uma amostra analisada (Tabela 16).

Figura 35 – Distribuição das camadas superiores CS3 a CS7 no depósito de Candiota.



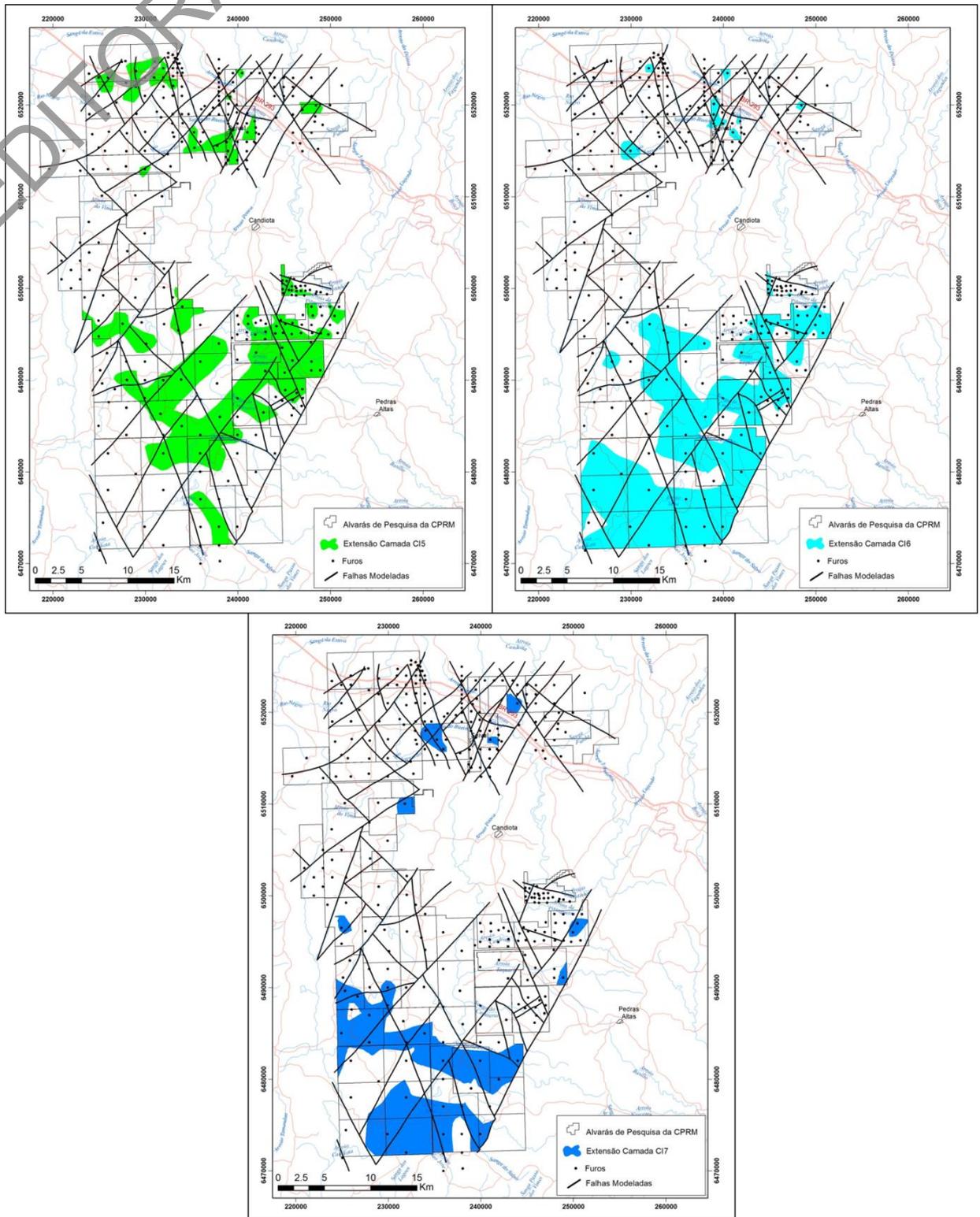
**Tabela 16** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras das camadas superiores CS3 a CS7

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CS3	CT	53	0,03	1,40	0,36	0,09	0,30	0,04
CS3	CC	53	0,03	1,20	0,26	0,04	0,21	0,03
CS3	CC/CT	53	0,27	1,00	0,73	0,06	0,25	0,06
CS3	CINZAS	1	49,06	49,06	49,06	-	-	-
CS3	ENXOFRE	1	1,30	1,30	1,30	-	-	-
CS3	DENSIDADE	1	1,97	1,97	1,97	0,00	0,00	0,00
CS4	CT	135	0,16	4,10	0,77	0,14	0,38	0,03
CS4	CC	135	0,14	1,93	0,71	0,07	0,26	0,02
CS4	CC/CT	135	0,47	1,00	0,92	0,01	0,12	0,01
CS4	CINZAS	37	39,43	62,45	48,74	23,49	4,85	0,85
CS4	ENXOFRE	37	0,80	11,53	2,45	3,87	1,97	0,35
CS4	DENSIDADE	18	1,50	1,88	1,68	0,01	0,08	0,02
CS4	P.CAL.	27	2.839	3.831	3.469	67.957	261	54
CS5	CT	106	0,10	1,77	0,58	0,07	0,27	0,03
CS5	CC	106	0,10	1,41	0,50	0,05	0,23	0,02
CS5	CC/CT	106	0,54	1,00	0,86	0,01	0,11	0,01
CS5	CINZAS	13	55,81	68,44	62,16	9,71	3,12	0,99
CS5	ENXOFRE	13	0,80	4,07	1,51	0,61	0,78	0,25
CS5	DENSIDADE	6	1,66	1,93	1,78	0,01	0,09	0,04
CS5	P.CAL.	10	1.870	2.403	2.153	23.805	154	56
CS6	CT	90	0,21	1,42	0,66	0,04	0,21	0,02
CS6	CC	90	0,21	1,30	0,61	0,04	0,19	0,02
CS6	CC/CT	90	0,72	1,00	0,92	0,00	0,06	0,01
CS6	CINZAS	25	51,77	64,70	56,45	11,06	3,33	0,73
CS6	ENXOFRE	25	0,81	4,78	1,92	0,69	0,83	0,18
CS6	DENSIDADE	12	1,64	2,14	1,82	0,02	0,15	0,04
CS6	P.CAL.	20	2.278	3.289	2.726	87.230	295	72
CS7	CT	27	0,12	2,40	1,28	0,41	0,64	0,12
CS7	CC	27	0,12	2,12	1,13	0,32	0,56	0,11
CS7	CC/CT	27	0,70	1,00	0,89	0,00	0,06	0,01
CS7	CINZAS	14	38,01	64,56	50,31	48,80	6,99	1,46
CS7	ENXOFRE	14	0,94	7,56	2,74	3,17	1,78	0,37
CS7	DENSIDADE	12	1,56	2,01	1,73	0,02	0,14	0,03
CS7	P.CAL.	13	1.952	4.141	3.304	263.889	514	114

### 9.2.8 Demais camadas inferiores

Em contraste com as camadas superiores secundárias, as demais camadas inferiores concentram-se na porção sul do depósito (Figura 36). Também ocorrem de maneira inconstante e limitada. Possuem áreas de abrangência maiores do que as superiores, mas, em contrapartida, as espessuras médias são menores. Por estarem em profundidades maiores, possuem menor importância e isso reflete na pequena quantidade de amostras analisadas na época do projeto (Tabela 17).

Figura 36 – Distribuição das camadas inferiores C15 a C17 no depósito de Candiota.



**Tabela 17** – Sumário estatístico das principais variáveis das amostras das camadas inferiores CI5 a CI7

Stratum	Variáveis	Total de Amostras	Mínimo	Máximo	Média	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
CI5	CT	102	0,06	1,62	0,47	0,09	0,30	0,03
CI5	CC	102	0,06	1,42	0,43	0,07	0,27	0,03
CI5	CC/CT	102	0,46	1,00	0,92	0,01	0,11	0,02
CI5	CINZAS	6	45,16	60,51	50,19	23,45	4,84	1,79
CI5	ENXOFRE	6	3,01	8,65	5,73	3,00	1,73	0,64
CI5	DENSIDADE	4	1,73	1,96	1,78	0,01	0,08	0,04
CI5	P.CAL.	5	2322	3544	3203	191235	437	183
CI6	CT	85	0,09	1,62	0,42	0,08	0,29	0,03
CI6	CC	85	0,09	1,39	0,38	0,07	0,26	0,03
CI6	CC/CT	85	0,50	1,00	0,90	0,01	0,12	0,02
CI6	CINZAS	4	44,11	52,10	49,28	11,95	3,46	1,59
CI6	ENXOFRE	4	1,10	4,84	2,80	2,34	1,53	0,70
CI6	DENSIDADE	3	1,67	1,96	1,84	0,02	0,13	0,07
CI6	P.CAL.	4	3.047	3.285	3.208	6.632	81	37
CI7	CT	36	0,10	3,20	0,48	0,27	0,52	0,09
CI7	CC	36	0,10	2,10	0,40	0,12	0,35	0,06
CI7	CC/CT	36	0,52	1,00	0,83	0,03	0,16	0,04
CI7	CINZAS	3	41,68	53,10	48,04	12,42	3,52	1,57
CI7	ENXOFRE	3	1,55	6,76	2,75	4,07	2,02	0,90
CI7	DENSIDADE	2	1,66	1,95	1,88	0,02	0,12	0,06
CI7	P.CAL.	2	3.490	3.912	3.589	31.963	179	87

## 10 ESTIMATIVA DE RECURSOS

O processo de estimativa envolveu a análise estatística dos dados e a geração de modelos de blocos para as camadas de carvão. O método Inverso do Quadrado da Distância (IQD) possibilitou a estimativa dos teores de diversos parâmetros para as principais camadas de carvão de cada depósito.

A partir dos blocos estimados, os recursos foram parametrizados por espessura da camada, por capeamento da camada Candiota (CBS+CBI) e pela Relação Estéril/Minério (REM). Para os mesmos parâmetros foram gerados mapas, permitindo a espacialização dos dados.

### 10.1 Modelo de Blocos

A partir dos sólidos gerados, os recursos existentes nas áreas dos alvarás da CPRM foram estimados por meio da geração de modelos de blocos. As dimensões dos blocos nas direções X e Y foram definidas como um quarto da distribuição média da malha de sondagem (suporte amostral) (Tabela 18).

**Tabela 18** – Parâmetros estabelecidos para os modelos de blocos do depósito de Candiota

Eixo	Tamanho do Bloco	Tamanho do Sub-Bloco	Origem UTM	Número de Blocos	Rotação
X	500	125	217.250	87	0
Y	500	125	6.467.725	137	0
Z	100	-*	-300	7	0

Nota: (\*) A sub-blocagem não se aplica ao eixo Z, já que o tamanho do bloco nessa direção adapta-se à espessura da camada preenchida.

Assim como a modelagem, a geração de blocos foi realizada no software Strata 3D, o qual se diferencia de outros softwares semelhantes pela construção de modelos de blocos prismáticos, no qual o topo e a base dos blocos adaptam-se à geometria da camada. Como resultado, tem-se um modelo de blocos mais fidedigno ao sólido original. Para melhor concordância entre o modelo de blocos e os wireframes das camadas de carvão, foi necessário estabelecer o fator de sub-blocagem de três vezes para o modelo de blocos.

Após o preenchimento dos sólidos, procederam-se às validações visuais, analisando-se a aderência do modelo de blocos às wireframes. Houve boa concordância entre a espessura das camadas de carvão e o modelo de blocos. No entanto, o preenchimento dos sólidos no plano XY não se mostrou perfeito nas bordas das camadas e, especialmente, próximo às falhas. Isso ocorreu devido ao tamanho dos blocos nas direções X e Y, que, mesmo com sub-blocagem, não preencheram completamente os sólidos. A melhor aderência entre modelo de blocos e wireframes implicaria tamanhos de blocos muito reduzidos, fora dos critérios de estimativa aceitável de um quarto do suporte amostral. Como o atual trabalho é de escala regional, a diferença entre os wireframes e os modelos de blocos não causará impacto significativo nos recursos estimados.

### 10.2 Metodologia de Estimativa dos Parâmetros de Qualidade

No presente trabalho, optou-se por utilizar a classificação de recursos/reservas de carvão do Geological Survey of Canada (GSC) (HUGHES; KLATZEL-MUDRY; NIKOLS, 1989). O depósito de carvão de Candiota, segundo essa classificação, em termos de Tipo de Geologia (Geology Type) enquadra-se na categoria Moderate. Apesar de as camadas apresentarem apenas um leve mergulho para sudoeste e não estarem dobradas, a área foi afetada por

tectonismo rígido, resultando um sistema ortogonal de falhas de gravidade. Portanto, para esse tipo de depósito, os raios de classificação são de 450 m (raio de busca), 900 m (1ª Expansão) e 2.400 m (2ª Expansão).

Baseados nessa classificação, definiram-se os raios de busca para estimativa do modelo dos blocos do depósito de Candiota. No entanto, foi necessário expandir os raios de busca da segunda expansão (inferido) de forma a estimar todos os parâmetros para todas as células dos modelos.

O método de interpolação utilizado em todos os blocos prioritários foi o IQD (Inverso do Quadrado da Distância), haja vista que a estimativa por krigagem ordinária não é aplicável a malhas amostrais irregulares e com reduzido número de furos de sondagem, como as que temos disponíveis no depósito do Projeto Candiota.

Os parâmetros estimados para todas as camadas de carvão modeladas foram: razão CC/CT (espessura do carvão contido na camada dividida pela espessura da camada total) e densidade. As variáveis relacionadas à qualidade do carvão – Cinzas (CINZMOD), Enxofre (S\_MOD) e Poder Calorífico (PCALCAB) – foram estimadas somente para a camada Candiota (CBS+CBI), em razão da quantidade insuficiente de análises nas outras camadas de carvão no depósito. Os resultados analíticos relativos às frações densimétricas não foram estimados, mas foram utilizados para o estudo estatístico e de qualidade do carvão das camadas.

### 10.3 Parametrização

A partir do modelo de blocos estimado, realizou-se a parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada de carvão (Candiota, CBS e CBI), por capeamento a partir da camada Candiota e da camada CBI e pela Relação Estéril/Minério (REM). A parametrização dos recursos por capeamento foi feita apenas para as camadas superiores e a camada Candiota (CBS+CBI), assim como a parametrização da Relação Estéril/Minério (Tabelas 19, 20, 21).

Também foram gerados mapas dos principais parâmetros de qualidade do carvão estimados para a visualização da distribuição da qualidade da camada Candiota (CBS+CBI) ao longo do depósito.

#### 10.3.1 Espessura da camada de carvão

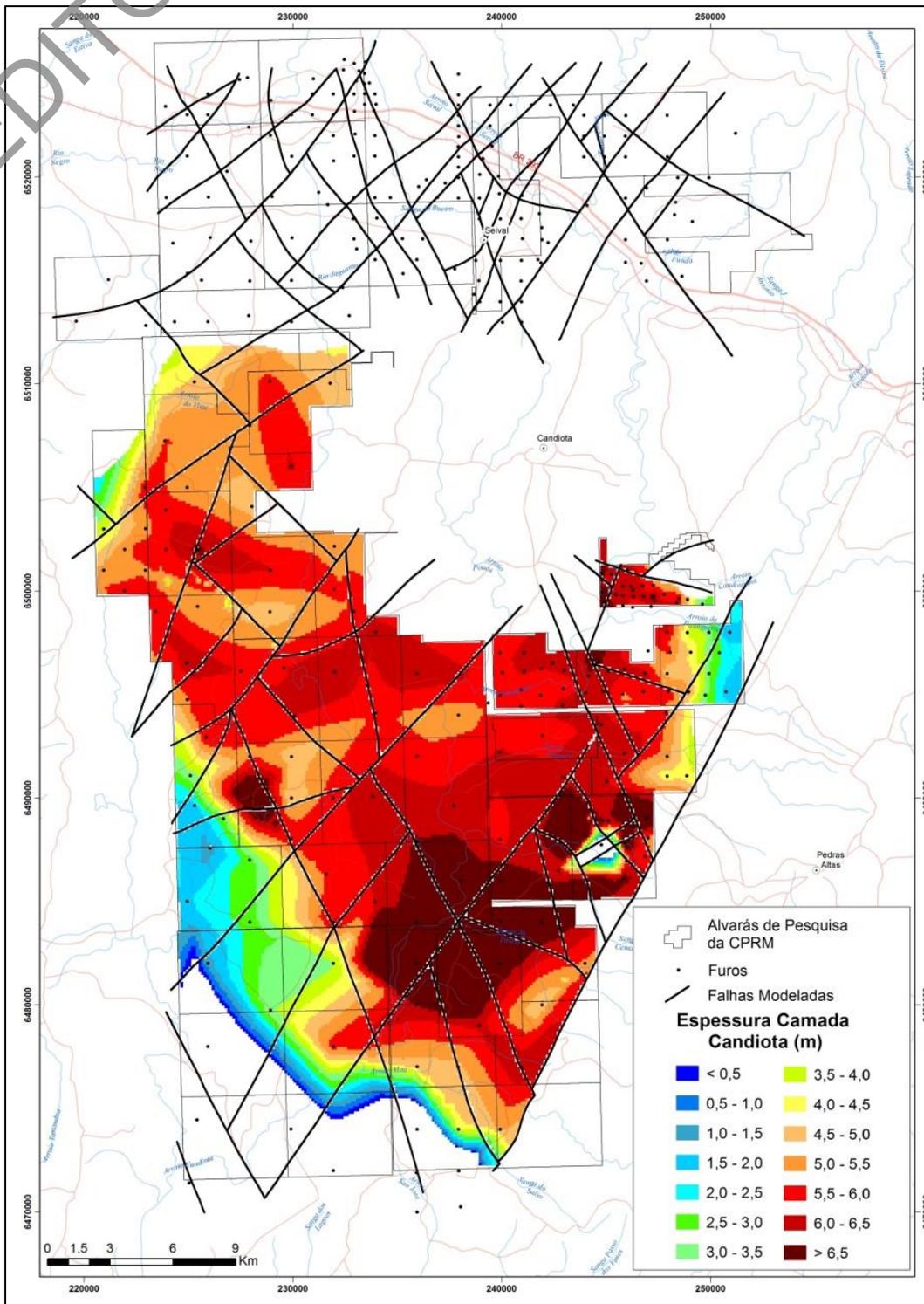
Em função da diferença de morfologia da camada Candiota nas porções norte e sul do depósito, procedeu-se à parametrização dos recursos pela espessura da camada de carvão de duas maneiras distintas. Na porção sul, os recursos foram parametrizados em relação à camada Candiota. Já na porção norte, após análise prévia dos dados, concluiu-se como mais adequada a parametrização dos recursos existentes nos bancos inferior (CBI) e superior (CBS) separadamente.

Para parametrização dos recursos pela espessura da camada de carvão nas áreas investigadas, foram gerados mapas de isoespessuras e gráficos com a distribuição dos recursos parametrizados.

Analisando-se o mapa de isoespessuras (Figura 37), observa-se que as cores correspondentes às maiores espessuras, a partir de laranja mais escuro (5,0 a 5,5 m) até vermelho mais intenso (maior do que 6,5 m), predominam no mapa, enquanto as cores mais frias, relacionadas às menores espessuras, ocorrem somente nas bordas do depósito. Por meio da parametrização pela espessura da camada Candiota, conclui-se que mais de 80% dos recursos da camada inserem-se nas categorias de espessuras maiores do que 5 m (Figura 39A). Nessas faixas de

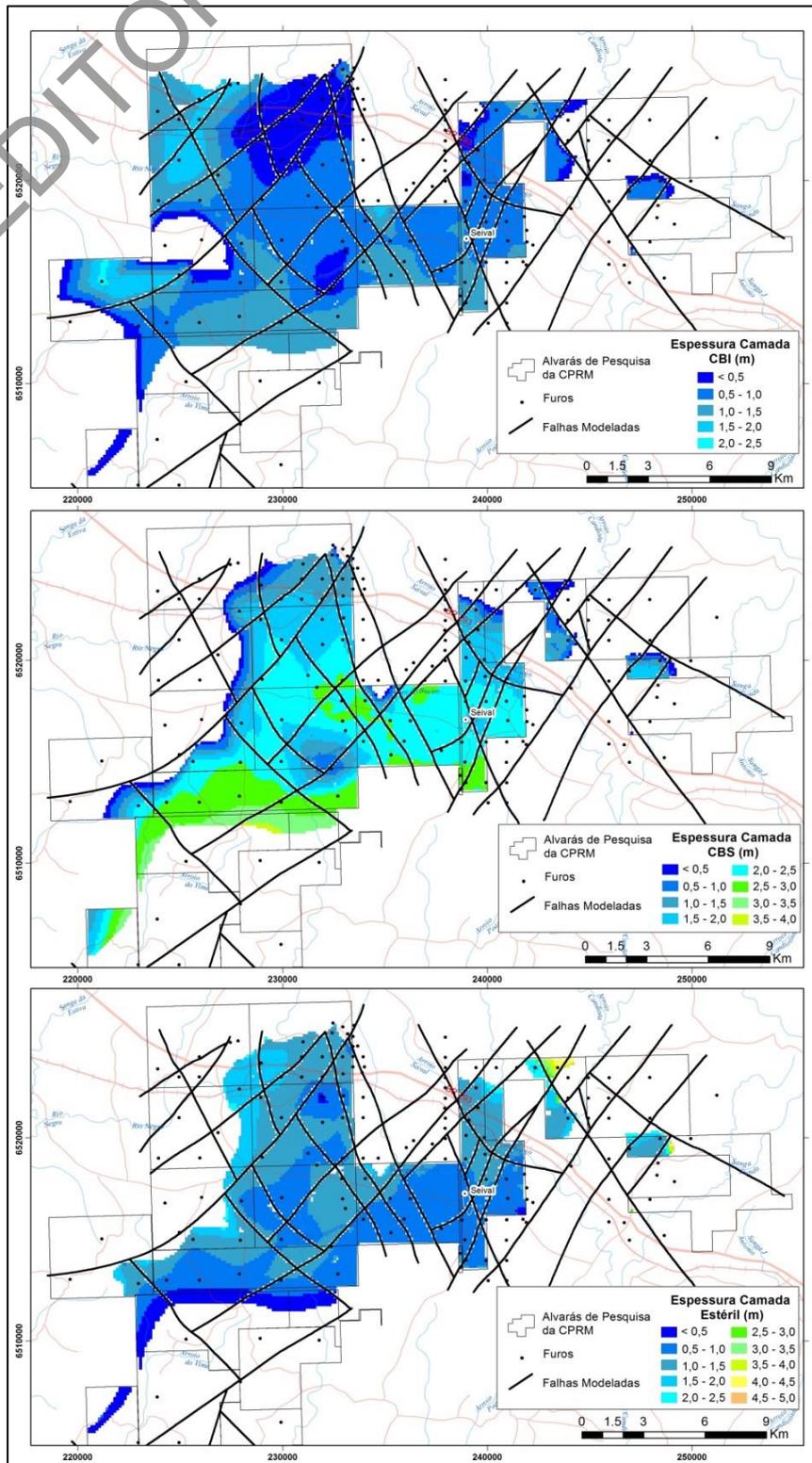
espessura concentram-se 90% dos recursos das camadas superiores (em laranja, na Figura 39A) e mais de 70% das camadas inferiores (em verde, na Figura 39A).

**Figura 37** – Mapa de isoespessuras da camada Candiota.



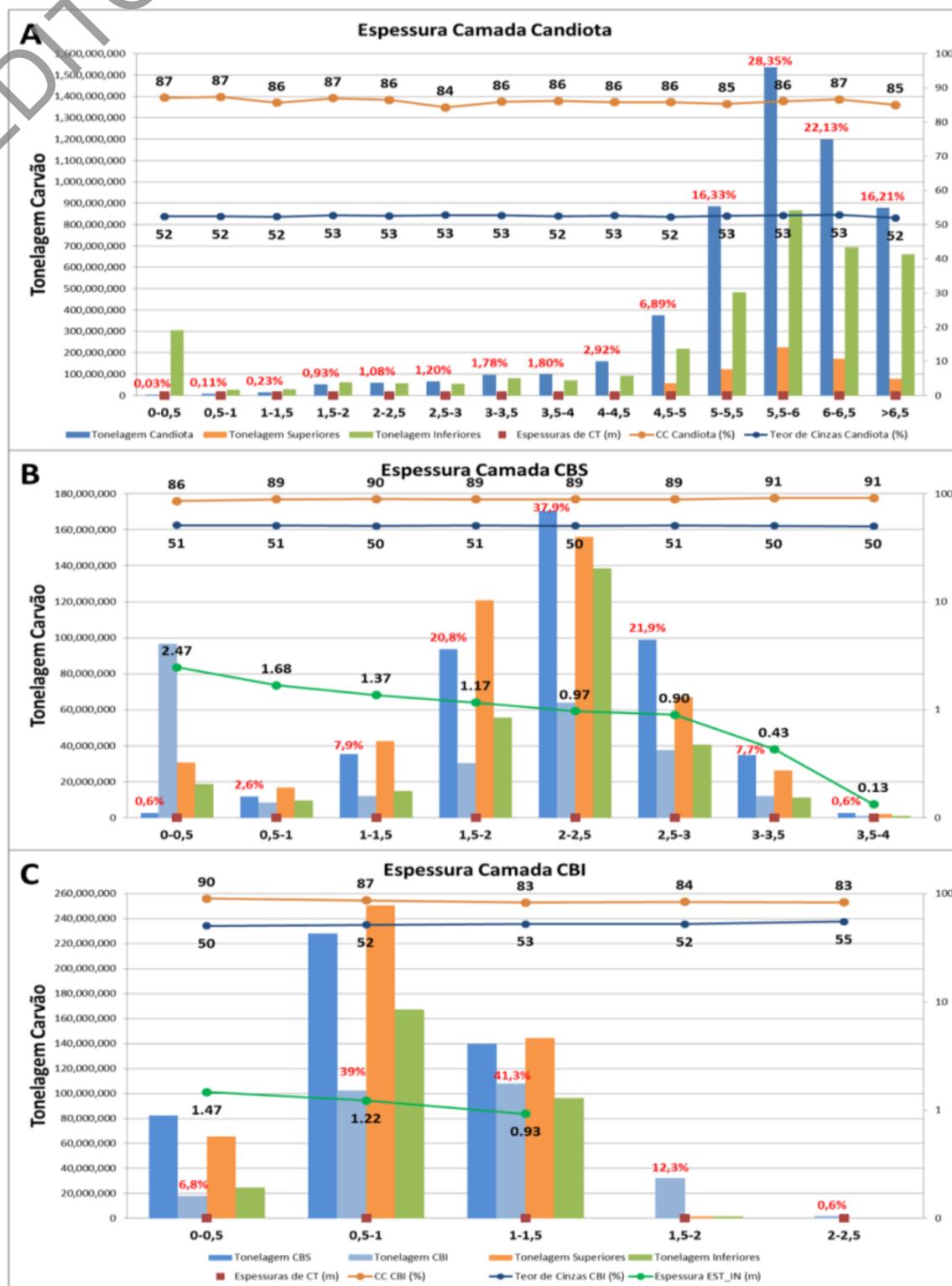
A partir da análise dos mapas de isoespessuras das camadas CBS e CBI (Figura 38), percebe-se que o banco superior (CBS), apesar de cobrir uma área menor, apresenta-se mais espesso do que o banco inferior (CBI). As maiores espessuras da camada CBS ocorrem na porção sudeste, onde varia de 2,5 a quase 4 m, e de maneira gradual torna-se menos espessa na direção norte, com espessuras inferiores a meio metro.

**Figura 38**– Mapas de isoespessuras das camadas CBI, CBS e estéril intermediário da camada Candiota no depósito de Candiota.



A camada CBI, por sua vez, apresenta suas maiores espessuras nas porções oeste e noroeste, onde se verifica ausência do banco superior (Figura 39C). Observa-se, ainda, que, nas faixas de espessura da camada CBI maiores do que 1,5 m, não há recursos parametrizados da camada CBS. Outra característica interessante é a diminuição da espessura da camada de estéril, à medida que as espessuras das camadas CBS e CBI aumentam (Figura 39).

**Figura 39** – Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada de carvão Candiota (A), CBS (B) e CBI (C) (os valores em vermelho representam a porcentagem dos recursos dessas camadas por faixa de espessura).



Pela parametrização por espessura da camada CBS, quase 70% dos recursos da camada inserem-se nas categorias de espessuras maiores do que 2 m. Essas faixas de espessuras concentram um pouco mais de 40% dos recursos da camada CBI, cerca de 50% das camadas superiores e mais de 60% das camadas inferiores (Tabelas 19, 20 e 21).

Tabela 19 – Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada Candiota

Camada Candiota								Camadas Superiores					Camadas Inferiores				
Espessura (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)
< 0,5	1.729.390	1.729.390	1,81	52,37	3.255	2,95	87,10	243.645	243.645	1,88	0,35	96,70	302.689.661	302.689.661	1,81	1,45	84,32
0,5-1	7.924.114	6.194.724	1,80	52,36	3.256	2,87	87,31	280.053	36.408	1,88	0,22	93,71	327.810.942	25.121.281	1,81	1,75	85,38
1-1,5	20.573.137	12.649.024	1,81	52,30	3.252	2,93	85,65	296.732	16.679	1,88	0,17	95,24	355.534.161	27.723.219	1,81	1,71	85,91
1,5-2	70.873.467	50.300.330	1,84	52,69	3.187	3,13	86,93	1.080.581	783.850	1,92	0,48	99,37	415.726.004	60.191.844	1,81	1,52	88,10
2-2,5	129.253.331	58.379.863	1,82	52,55	3.237	2,57	86,44	1.222.677	142.096	1,93	0,20	94,72	472.143.731	56.417.726	1,81	1,47	86,39
2,5-3	194.271.399	65.018.068	1,81	52,71	3.236	2,25	84,29	1.489.775	267.098	1,88	0,46	98,43	526.258.861	54.115.130	1,81	1,49	83,09
3-3,5	290.520.396	96.248.997	1,80	52,68	3.211	2,33	85,93	1.542.912	53.137	1,88	0,53	93,61	605.518.428	79.259.567	1,80	1,70	82,79
3,5-4	388.114.443	97.594.047	1,78	52,45	3.204	2,24	86,16	2.318.286	775.373	1,87	0,54	85,23	676.233.498	70.715.070	1,80	1,63	84,29
4-4,5	546.328.426	158.213.983	1,78	52,61	3.191	2,11	85,83	7.249.523	4.931.237	1,80	0,63	86,56	767.574.171	91.340.673	1,80	1,59	83,84
4,5-5	919.731.304	373.402.878	1,77	52,20	3.217	1,93	85,82	63.248.195	55.998.672	1,77	0,85	88,25	984.470.124	216.895.953	1,81	1,53	79,59
5-5,5	1.804.057.829	884.326.526	1,77	52,53	3.170	1,72	85,30	185.813.017	122.564.822	1,83	0,91	83,93	1.466.113.492	481.643.369	1,80	1,58	76,25
5,5-6	3.339.437.008	1.535.379.179	1,77	52,63	3.179	1,55	86,11	411.780.641	225.967.624	1,85	0,89	82,97	2.332.066.597	865.953.105	1,79	1,60	78,58
6-6,5	4.538.211.129	1.198.774.121	1,77	52,83	3.149	1,42	86,61	583.619.420	171.838.779	1,86	0,76	85,15	3.023.912.683	691.846.086	1,81	1,57	81,49
> 6,5	5.416.057.558	877.846.428	1,81	51,92	3.264	1,56	84,98	662.464.440	78.845.020	1,88	0,76	88,27	3.684.289.871	660.377.188	1,84	2,06	76,73

Tabela 20 – Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada CBS

Camada CBS								Camada CBI								Camadas Superiores				Camadas Inferiores			
Espessura (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Carvão na Camada (%)	Espessura Estéril Interno (m)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)
< 0,5	2.791.908	2.791.908	1,78	51,03	3.058	3,07	86	2,47	96.659.408	1,85	51,91	3.023	5,10	1,33	84	30.595.827	1,77	0,76	92	18.538.189	1,74	1,02	74
0,5-1	14.592.689	11.800.781	1,77	50,77	3.101	2,99	89	1,68	104.948.731	1,79	51,83	3.004	3,97	0,72	91	47.356.587	1,79	0,74	86	27.912.603	1,77	0,94	76
1-1,5	50.066.772	35.474.083	1,74	50,40	3.194	3,17	90	1,37	117.049.258	1,79	51,53	3.035	3,12	0,59	91	89.947.025	1,78	0,71	88	42.545.001	1,80	0,93	78
1,5-2	143.625.610	93.558.837	1,78	50,76	3.087	2,81	89	1,17	147.270.316	1,80	51,20	3.050	2,78	0,67	87	210.886.121	1,79	0,78	89	98.198.623	1,81	1,38	70
2-2,5	314.158.896	170.533.286	1,79	50,44	3.136	2,46	89	0,97	211.136.117	1,79	52,30	3.022	2,24	0,90	84	366.862.434	1,77	0,64	89	236.581.312	1,81	1,66	70
2,5-3	412.992.412	98.833.517	1,76	50,82	3.022	2,53	89	0,90	248.748.217	1,74	52,62	2.938	1,99	1,13	84	433.995.092	1,74	0,76	85	277.078.500	1,77	1,33	67
3-3,5	447.794.132	34.801.720	1,74	50,48	3.075	2,31	91	0,43	260.847.105	1,75	52,72	2.904	1,66	1,21	85	460.372.333	1,73	0,95	85	288.251.534	1,79	0,89	72
3,5-4	450.395.354	2.601.223	1,73	50,11	3.181	2,23	92	0,13	261.773.304	1,75	52,42	2.952	1,66	1,25	85	462.518.302	1,72	1,00	87	289.071.528	1,80	0,57	79

Tabela 21 – Parametrização dos recursos do depósito de Candiota por espessura da camada CBI

Camada CBS							Camada CBI								Camadas Superiores				Camadas Inferiores					
Espessura (m)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Carvão na Camada (%)	Espessura Estéril Interno (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	
< 0,5	82.470.333	1,77	50,92	3.100	3,18	89	1,47	17.707.234	17.707.234	1,81	50,45	3.089	3,82	0,37	90	65.669.012	1,79	0,58	89	24.328.782	1,83	0,60	79	
0,5-1	310.725.108	1,79	50,64	3.109	2,55	89	1,22	119.827.254	102.120.020	1,80	51,61	3.017	2,91	0,78	87	316.511.959	1,78	0,74	90	191.428.098	1,81	1,52	71	
1-1,5	450.395.354	1,74	50,35	3.084	2,38	90	0,93	227.845.235	108.017.981	1,78	52,55	2.990	3,08	1,23	83	461.035.799	1,74	0,78	85	287.625.487	1,77	1,48	68	
1,5-2	-	-	-	-	-	-	-	260.131.593	32.286.358	1,89	52,47	2.997	5,67	1,68	84	462.518.302	1,75	0,34	92	289.071.528	1,82	0,44	70	
2-2,5	-	-	-	-	-	-	-	261.773.304	1.641.711	1,89	55,29	2.892	1,81	2,06	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 10.3.2 Capeamento

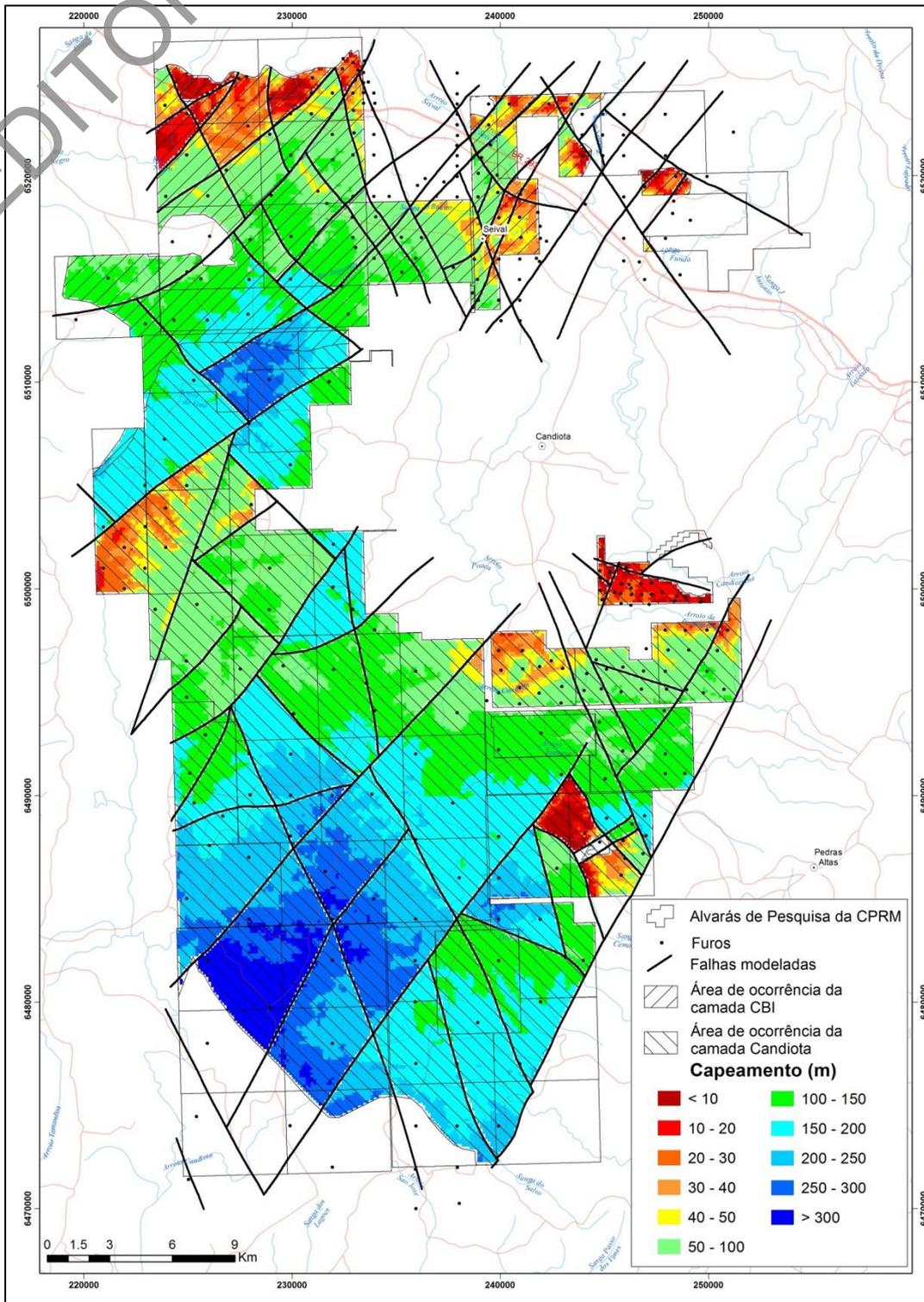
Procedeu-se à parametrização por capeamento considerando-se o topo da camada Candiota na porção sul do depósito e o topo da camada CBI na porção norte. As faixas de capeamento menores do que 50 m foram divididas em intervalos de 10 m para maior detalhamento das áreas lavráveis a céu aberto. O restante das faixas foi dividido em intervalos de 50 m.

Na Figura 40 mostra-se a distribuição das coberturas ao longo do depósito de Candiota. As áreas com cores quentes, do vermelho ao amarelo, apresentam coberturas iguais ou menores do que 50 m. As outras cores representam as coberturas superiores a 50 m, podendo ultrapassar 300 m no extremo sudoeste. Seis regiões destacam-se com relação ao potencial para lavra a céu aberto: Estância da Glória, Arroio Pitangueira e Arroio Pitangueira Norte, na porção sudeste; Arroio dos Vimes, na porção oeste; Hulha Negra, na porção noroeste; Seival, no nordeste do depósito.

Na parametrização por capeamento também foram elaborados gráficos com os recursos das camadas superiores e de Candiota categorizados por faixa de capeamento (Figura 41; Tabelas 22 e 23).

Considerando-se todos os recursos in situ de carvão contidos nas áreas da CPRM, cerca de 7% encontra-se em regiões com capeamento menor do que 50 m, o que corresponde a mais de 700 milhões de toneladas de carvão.

**Figura 40** – Modelo de blocos das camadas Candiota e CBI no depósito de Candiota parametrizado por capeamento.



**Figura 41 –** Parametrização por capeamento dos recursos das camadas Candiota (A) e CBI (B) (os valores em vermelho representam a porcentagem dos recursos dessas camadas por faixa de cobertura; o eixo vertical da direita está em escala logarítmica para melhor visualização dos dados).

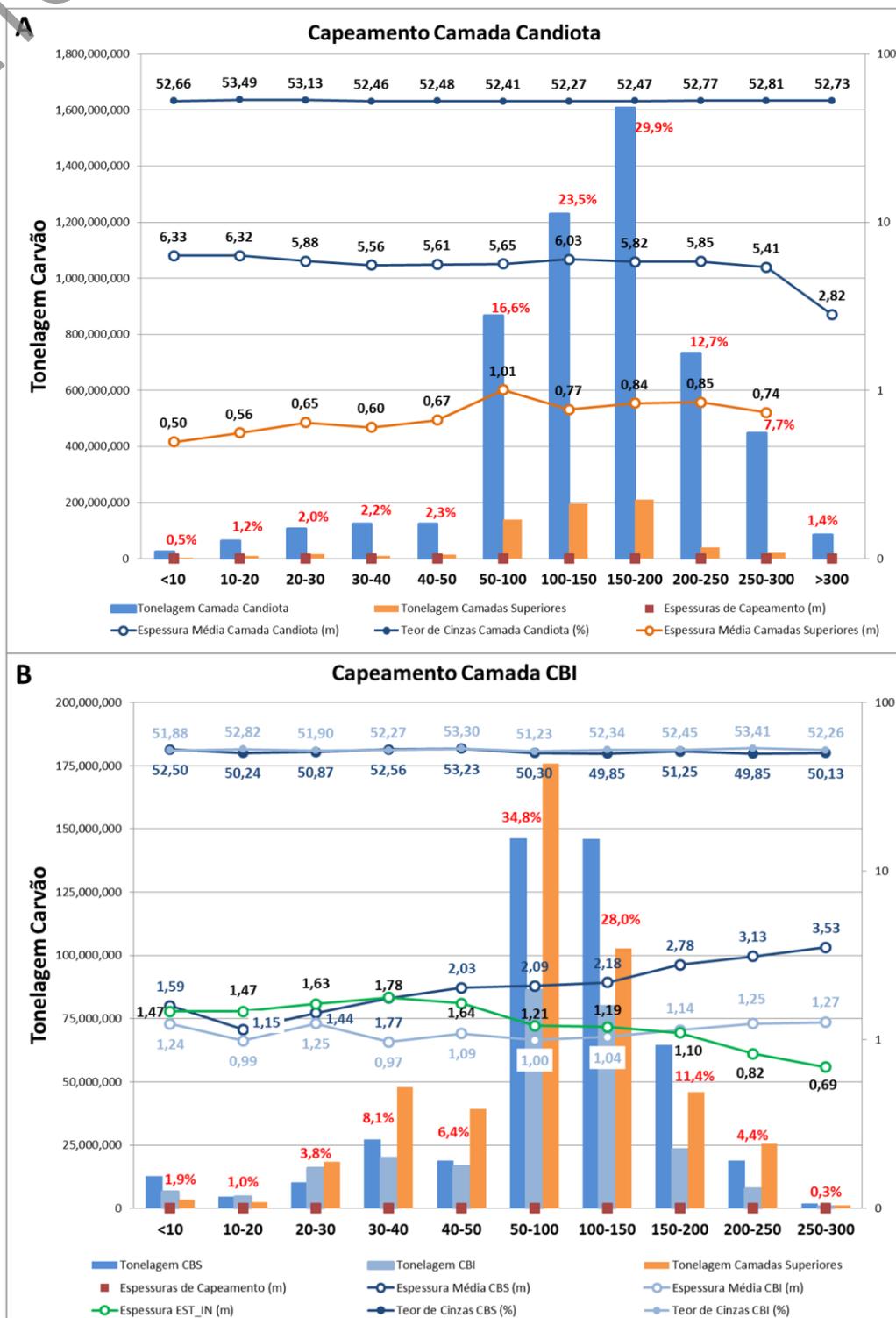


Tabela 22 – Parametrização por capeamento dos recursos da camada Candiota do depósito de Candiota

Camada Candiota									Camadas Superiores				
Cobertura (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)
<10	25.006.411	25.006.411	1,75	52,66	3.213	1,21	6,33	88	2.987.993	2.987.993	1,88	0,50	91
10-20	88.205.145	63.198.734	1,78	53,49	3.214	1,30	6,32	85	12.243.697	9.255.705	1,90	0,56	90
20-30	195.487.052	107.281.907	1,78	53,13	3.125	1,29	5,88	87	29.431.823	17.188.125	1,85	0,65	88
30-40	319.578.517	124.091.465	1,77	52,46	3.119	1,49	5,56	86	38.794.238	9.362.416	1,81	0,60	91
40-50	444.361.789	124.783.271	1,76	52,48	3.103	1,55	5,61	86	53.628.830	14.834.591	1,83	0,67	88
50-100	1.311.226.217	866.864.428	1,76	52,41	3.160	1,53	5,65	86	193.497.873	139.869.043	1,83	1,01	83
100-150	2.540.790.462	1.229.564.246	1,76	52,27	3.202	1,44	6,03	87	389.931.283	196.433.409	1,87	0,77	85
150-200	4.148.554.476	1.607.764.014	1,80	52,47	3.192	1,68	5,82	86	601.332.635	211.401.352	1,85	0,84	84
200-250	4.881.750.895	733.196.419	1,81	52,77	3.230	1,92	5,85	84	640.853.587	39.520.952	1,83	0,85	86
250-300	5.331.144.659	449.393.764	1,77	52,81	3.189	2,09	5,41	85	662.464.440	21.610.853	1,73	0,74	92
>300	5.416.057.558	84.912.899	1,83	52,73	3.235	2,53	2,82	85	-	-	-	-	-

Tabela 23 – Parametrização por capeamento dos recursos da camada CBI do depósito de Candiota

Camada CBI									Camada CBS								Camadas Superiores					
Cobertura (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Espessura Estéril Interno (m)	Tonelagem Acumulada	Tonelagem	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Teor de Cinzas (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Enxofre (%)	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)	Tonelagem Acumulada	Tonelada	Densidade (g/m <sup>3</sup> )	Espessura (m)	Carvão na Camada (%)
<10	6.663.461	6.663.461	1,77	51,88	3.123	5,37	1,24	88	1,47	12.583.245	12.583.245	1,79	52,50	2.918	2,34	1,59	92	3.291.660	3.291.660	1,89	0,44	95
10-20	11.307.452	4.643.992	1,78	52,82	3.024	4,63	0,99	91	1,47	17.165.388	4.582.143	1,72	50,24	3.338	3,08	1,15	91	5.680.683	2.389.023	1,78	0,52	89
20-30	27.296.197	15.988.744	1,82	51,90	3.090	6,08	1,25	87	1,63	27.415.313	10.249.925	1,75	50,87	3.250	2,95	1,44	89	24.128.160	18.447.478	1,76	0,69	89
30-40	47.160.320	19.864.124	1,79	52,27	3.092	4,00	0,97	91	1,78	54.532.760	27.117.447	1,80	52,56	3.104	3,04	1,77	90	71.912.748	47.784.587	1,76	0,79	90
40-50	63.817.400	16.657.080	1,79	53,30	3.118	4,18	1,09	87	1,64	73.394.562	18.861.802	1,77	53,23	3.096	2,42	2,03	91	111.233.643	39.320.895	1,79	0,79	91
50-100	150.211.823	86.394.423	1,83	51,23	3.083	3,79	1,00	86	1,21	219.527.089	146.132.527	1,78	50,30	3.196	2,61	2,09	88	287.011.821	175.778.178	1,79	0,71	90
100-150	229.975.687	79.763.863	1,81	52,34	2.899	2,49	1,04	83	1,19	365.349.005	145.821.916	1,77	49,85	3.055	2,71	2,18	89	389.762.402	102.750.582	1,76	0,63	87
150-200	253.348.101	23.372.414	1,75	52,45	2.878	1,71	1,14	83	1,10	429.890.293	64.541.287	1,77	51,25	2.905	2,48	2,78	91	435.711.390	45.948.988	1,74	0,78	83
200-250	261.147.429	7.799.328	1,75	53,41	2.955	1,43	1,25	85	0,82	448.675.537	18.785.245	1,69	49,85	3.325	1,84	3,13	93	461.246.912	25.535.522	1,73	1,08	82
250-300	261.773.304	625.876	1,76	52,26	2.956	1,67	1,27	85	0,69	450.395.354	1.719.817	1,73	50,13	3.158	2,30	3,53	91	462.518.302	1.271.390	1,72	0,89	87

### 10.3.3 Relação estéril/minério

A razão entre o estéril e o minério (REM) no depósito de Candiota foi calculada dividindo-se a soma do volume dos blocos de estéril acima da camada Candiota (ou CBI) pela soma da tonelagem das camadas de carvão superiores e da Candiota (CBS+CBI) com os mesmos valores de coordenadas X e Y. Os resultados obtidos (Figura 42) permitiram identificar seis blocos que coincidem com as regiões com Relação Estéril/Minério (REM) mais atrativa, também evidenciadas no mapa de capeamento.

Para complementar o estudo, procedeu-se à parametrização dos recursos pela REM dos cinco blocos que foram considerados prioritários no presente trabalho (Figura 43; Tabela 24). A área imediatamente a norte do Arroio Pitangueira, apesar de apresentar a menor REM dentre as demais áreas da CPRM no depósito de Candiota, não foi considerada prioritária, devido a questões legais relacionadas ao processo nº 802.355/1975.

O Bloco Estância da Glória encontra-se na parte SE do depósito de Candiota; a porção central desse bloco apresenta as menores REMs. Aproximadamente, um quarto dos recursos (108 milhões de toneladas) das camadas superiores somado à camada Candiota corresponde a REMs inferiores a 4 m<sup>3</sup>/t, sendo que mais de 90% desses 108 milhões de toneladas são relativos à camada Candiota.

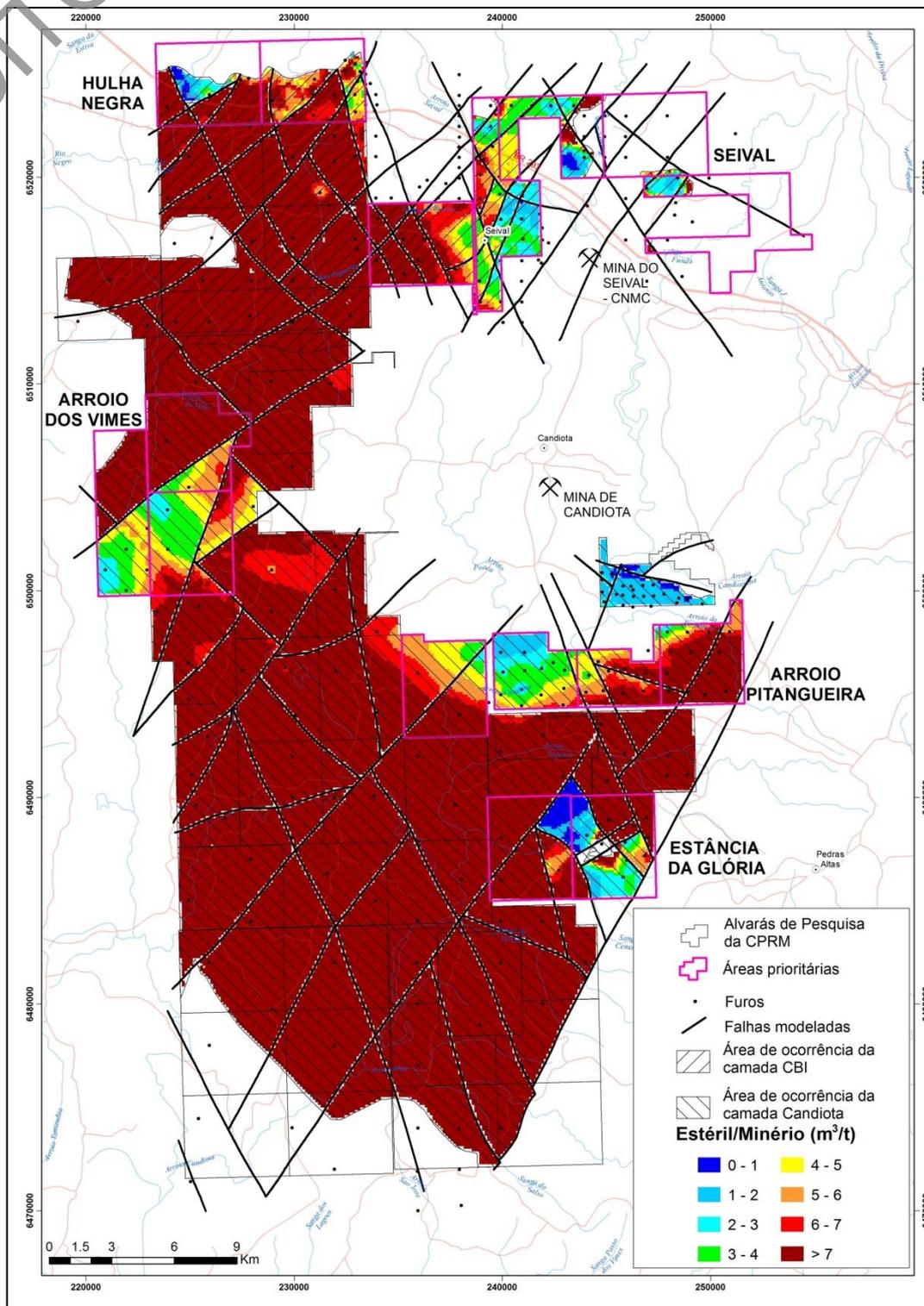
Ao norte do Bloco Estância da Glória, encontra-se o Bloco Arroio Pitangueira. A REM nesse bloco diminui de sudeste para noroeste, no entanto, dentro das áreas desse bloco não existem razões menores do que 1 m<sup>3</sup>/t. Em torno de 147 milhões de toneladas de carvão apresentam REM inferior a 4 m<sup>3</sup>/t, representando um quarto dos recursos das camadas superiores mais a camada Candiota.

Na porção oeste do depósito de Candiota destaca-se o Bloco Arroio dos Vimes. Em sua porção central existe um grande bloco soerguido com REM variando entre 7 e 2 m<sup>3</sup>/t. Cerca de 22% (117 milhões de toneladas) dos recursos da camada Candiota mais os recursos das camadas superiores possuem relação estéril/minério abaixo de 4 m<sup>3</sup>/t. A camada Candiota representa mais de 90% dos recursos mais atrativos nesse bloco.

O Bloco Seival localiza-se na porção nordeste do depósito de Candiota. Apresenta uma grande área com REM menor do que 4 m<sup>3</sup>/t, que corresponde a 162 milhões de toneladas, cerca de 40% dos recursos da camada Candiota (CBS+CBI) somados aos recursos das camadas superiores. Opostamente ao que ocorre nos demais blocos prioritários, as camadas superiores representam a maior parte dos recursos com baixa REM, configurando 70% dos recursos com razão inferior a 4 m<sup>3</sup>/t nesse bloco.

No extremo noroeste encontra-se o Bloco Hulha Negra, no qual as regiões mais atrativas são os blocos soerguidos na área oeste e no extremo leste da área mais oriental. Apesar de predominarem coberturas menores do que 50 m em suas áreas, o Bloco Hulha Negra, dentre os cinco blocos prioritários, é o que possui a menor quantidade de recursos, com REM inferior a 4 m<sup>3</sup>/t, com um pouco mais de 7 milhões de toneladas. Isso pode ser explicado pela ausência da camada CBS na porção oeste e pela pequena espessura média das camadas de carvão em geral.

Figura 42 – Modelo de blocos das camadas Candiota e CBI parametrizados pela relação esteril/minério, considerando as camadas a partir da Candiota, na porção sul, e CBI, na porção norte (as áreas dos blocos prioritários estão destacadas na cor rosa).



**Figura 43** – Recursos dos cinco blocos prioritários parametrizados por REM (os valores em vermelho são a porcentagem dos recursos da camada Candiota e das camadas superiores por faixa de relação esteril/minério).

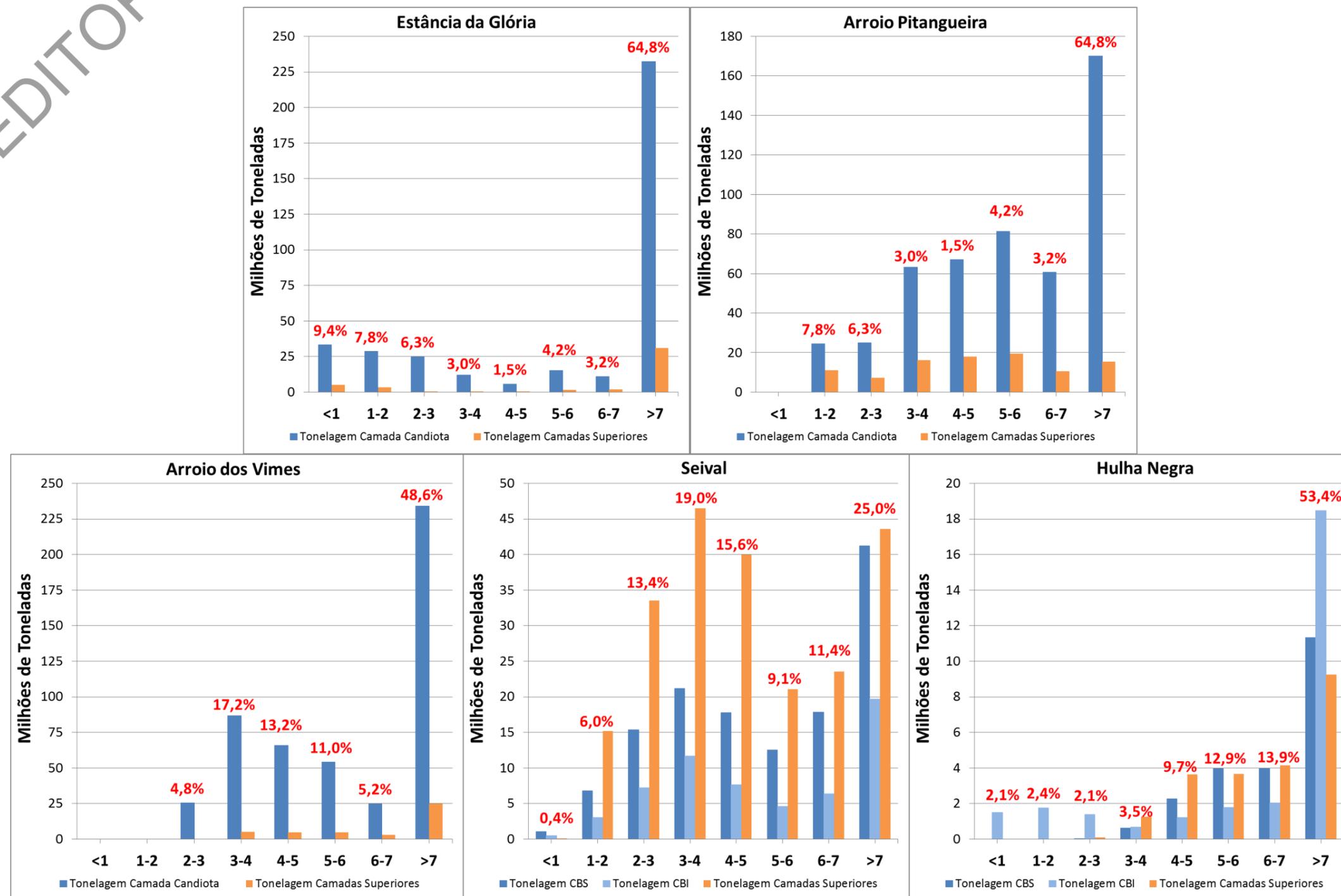


Tabela 24 – Parametrização dos recursos pela relação estéril/minério por bloco prioritário

ESTÂNCIA DA GLÓRIA						
Relação Estéril/Minério	Candiota				Superiores	
	Acumulativa	Tonelagem			Acumulativa	Tonelagem
<1	33.152.278	33.152.278	-	-	5.054.344	5.054.344
1-2	61.632.632	28.480.354	-	-	8.345.365	3.291.021
2-3	86.542.111	24.909.479	-	-	8.877.367	532.001
3-4	98.552.746	12.010.635	-	-	9.021.088	143.721
4-5	104.278.644	5.725.898	-	-	9.265.804	244.715
5-6	119.449.127	15.170.483	-	-	10.995.313	1.729.510
6-7	130.434.956	10.985.829	-	-	12.862.131	1.866.818
>7	362.722.030	232.287.073	-	-	43.850.084	30.987.953
ARROIO PITANGUEIRA						
Relação Estéril/Minério	Candiota				Superiores	
	Acumulativa	Tonelagem			Acumulativa	Tonelagem
1-2	24.481.423	24.481.423	-	-	11.115.011	11.115.011
2-3	49.400.276	24.918.854	-	-	18.431.872	7.316.861
3-4	112.584.541	63.184.265	-	-	34.696.907	16.265.035
4-5	179.636.405	67.051.864	-	-	52.679.802	17.982.896
5-6	261.018.731	81.382.326	-	-	72.225.041	19.545.239
6-7	321.603.056	60.584.325	-	-	82.770.143	10.545.102
>7	491.529.388	169.926.332	-	-	98.197.056	15.426.913
ARROIO DOS VIMES						
Relação Estéril/Minério	Candiota				Superiores	
	Acumulativa	Tonelagem			Acumulativa	Tonelagem
2-3	25.448.614	25.448.614	-	-	-	-
3-4	112.064.380	86.615.766	-	-	4.954.805	4.954.805
4-5	177.748.253	65.683.873	-	-	9.852.691	4.897.887
5-6	231.787.223	54.038.970	-	-	14.752.618	4.899.927
6-7	256.712.094	24.924.871	-	-	17.710.884	2.958.266
>7	490.755.742	234.043.648	-	-	42.798.452	25.087.569
SEIVAL						
Relação Estéril/Minério	CBI		CBS		Superiores	
	Acumulativa	Tonelagem	Acumulativa	Tonelagem	Acumulativa	Tonelagem
<1	506.211	506.211	1.063.507	1.063.507	132.111	132.111
1-2	3.524.670	3.018.458	7.881.805	6.818.298	15.298.859	15.166.748
2-3	10.709.735	7.185.065	23.239.131	15.357.326	48.860.042	33.561.183
3-4	22.415.657	11.705.922	44.376.097	21.136.966	95.381.748	46.521.706
4-5	30.085.465	7.669.808	62.129.777	17.753.680	135.325.583	39.943.836
5-6	34.688.509	4.603.045	74.671.811	12.542.033	156.356.949	21.031.366
6-7	41.048.553	6.360.043	92.479.483	17.807.672	179.885.774	23.528.825
>7	60.715.568	19.667.015	133.729.280	41.249.798	223.494.478	43.608.704
HULHA NEGRA						
Relação Estéril/Minério	CBI		CBS		Superiores	
	Acumulativa	Tonelagem	Acumulativa	Tonelagem	Acumulativa	Tonelagem
<1	1.502.546	1.502.546	-	-	-	-
1-2	3.268.095	1.765.549	-	-	-	-
2-3	4.668.054	1.399.959	28.197	28.197	107.323	107.323
3-4	5.356.357	688.303	642.108	613.912	1.373.905	1.266.582
4-5	6.560.120	1.203.764	2.900.521	2.258.413	5.020.928	3.647.024
5-6	8.344.429	1.784.308	6.877.696	3.977.175	8.686.042	3.665.113
6-7	10.371.851	2.027.422	10.833.093	3.955.397	12.831.859	4.145.818
>7	28.840.920	18.469.069	22.161.209	11.328.116	22.091.774	9.259.915

### 10.3.4 Mapas dos parâmetros de qualidade do carvão

Os mapas de Teor de Cinzas (amostra cabeça), Teor de Enxofre (amostra cabeça) e Poder Calorífico (amostra cabeça) foram gerados com o objetivo de se visualizar a distribuição desses importantes parâmetros de qualidade do carvão ao longo do depósito Candiota, visto que o pequeno e descontínuo suporte amostral disponível não permite realizar um estudo detalhado sobre a qualidade do carvão.

De maneira geral, a camada Candiota (CBS+CBI) apresenta distribuição homogênea dos valores dos parâmetros de qualidade estimados tanto na porção sul quanto na porção norte. Existem apenas pequenas variações locais nos valores mínimos e máximos, mas os valores médios encontrados em ambas as regiões são bastante semelhantes.

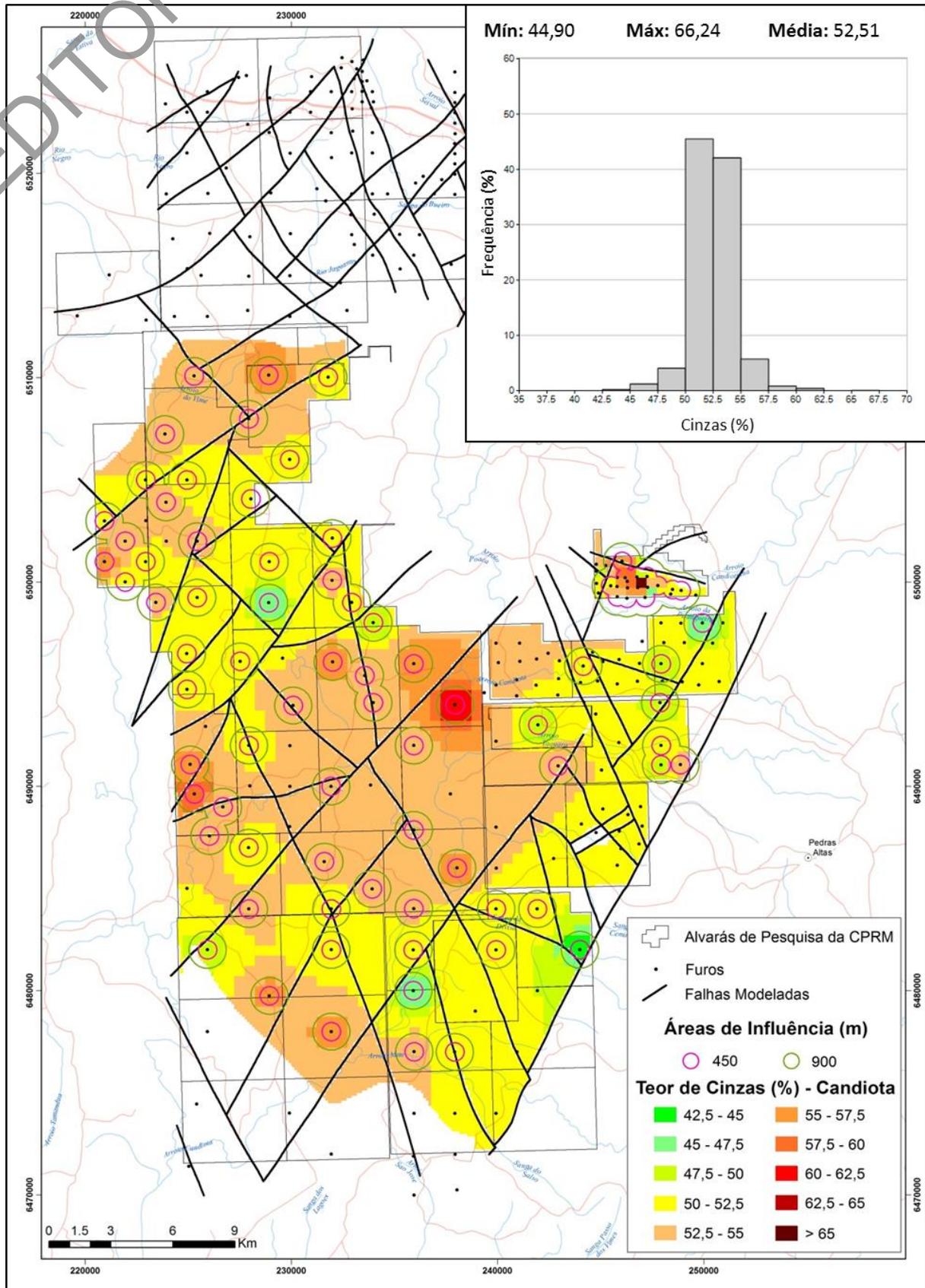
#### 10.3.4.1 Porção Sul – Camada Candiota

A camada Candiota apresenta teor de cinzas médio de 52,51%, com distribuição aleatória, não apresentando um padrão de variação claro. Observa-se que os valores extremos, mínimos e máximos são pontuais e que cerca de 90% dos blocos estimados possuem valores entre 50% e 55% (Figura 44, regiões em amarelo e laranja-claro).

Com relação ao teor de enxofre da camada Candiota, os valores variam entre 0,54% e 8,53%, com média de 1,66% (Figura 45). Aparentemente, o teor de enxofre aumenta de nordeste para sudoeste. Do centro ao extremo nordeste, os teores raramente ultrapassam 2%, enquanto na extremidade sudoeste os valores giram entre 2% e 4%, à exceção do furo SC-113-RS, que exibe 8,53% de teor de enxofre, o valor máximo encontrado na camada Candiota. Quase 80% dos blocos estimados possuem valores entre 1% e 2% de enxofre.

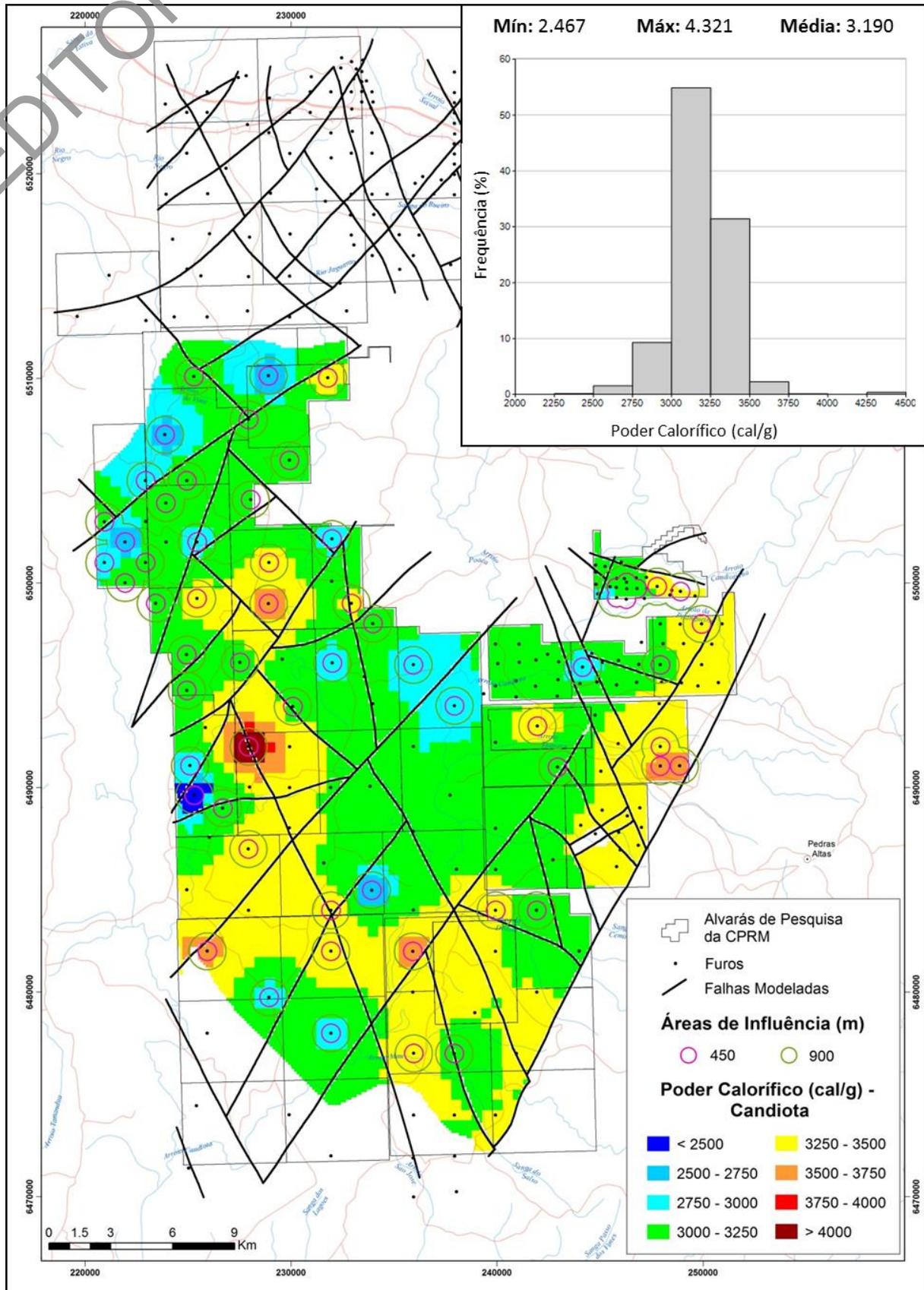
O valor médio de poder calorífico da camada Candiota é de 3.190 cal/g, com valor mínimo de 2.467 cal/g e máximo de 4.321 cal/g (Figura 46). A distribuição dos teores se dá de maneira relativamente constante ao longo da camada, predominando os blocos com valores entre 3.000 cal/g e 3.250 cal/g, que correspondem a mais da metade dos blocos da camada Candiota. O valor máximo de 4.321 cal/g corresponde à amostra do furo SC-005-RS e destoa do restante das amostras, que não extrapolam 3.750 cal/g.

**Figura 44** – Mapa e histograma com a distribuição do teor de cinzas do carvão da camada Candiota no depósito de Candiota.





**Figura 46** – Mapa e histograma com a distribuição do poder calorífico do carvão da camada Candiota no depósito de Candiota.



#### 10.3.4.2 Porção Norte – Camadas CBS e CBI

Na porção norte do depósito de Candiota, a camada de carvão homônima foi modelada como CBS e CBI, bancos superior e inferior, respectivamente, devido à expressiva espessura do estéril entre esses dois bancos de carvão. Dessa maneira, os parâmetros de qualidade também foram estimados considerando as duas camadas separadamente (Figuras 47 a 49).

O suporte amostral da porção norte do depósito de Candiota é um pouco maior em relação à porção sul. Contudo, continua insuficiente para o estudo adequado dos parâmetros de qualidade do carvão.

##### Camada CBS

O teor de cinzas da camada CBS é menor do que o teor de cinzas da camada Candiota, com média de 50,61%, valor mínimo de 43,91% e máximo de 60,90% (Figura 47). No geral, não há um padrão de disposição desses teores na camada; os valores extremos apresentam-se apenas localmente. Cerca de 70% dos blocos estimados possuem teor de cinzas entre 47,5% e 52,5%.

O teor de enxofre nessa camada não apresenta um padrão de variação ao longo da porção norte do depósito de Candiota (Figura 48). O valor mínimo é de 0,99% e o máximo, de 6,46%. Apesar de o teor de enxofre máximo da CBS ser menor do que o da camada Candiota, o valor médio de enxofre da camada CBS é de 2,61%, quase 1% maior em relação à camada da porção sul do depósito. Isso é explicado pela maior ocorrência de blocos estimados na faixa de 2% e 3% de enxofre.

O poder calorífico na camada CBS varia entre 2.219 cal/g e 3.735 cal/g e apresenta média de 3.100 cal/g. Similarmente à camada Candiota, a maior parte dos blocos estimados encontra-se na faixa de valores entre 3.000 cal/g e 3.250 cal/g (Figura 49).

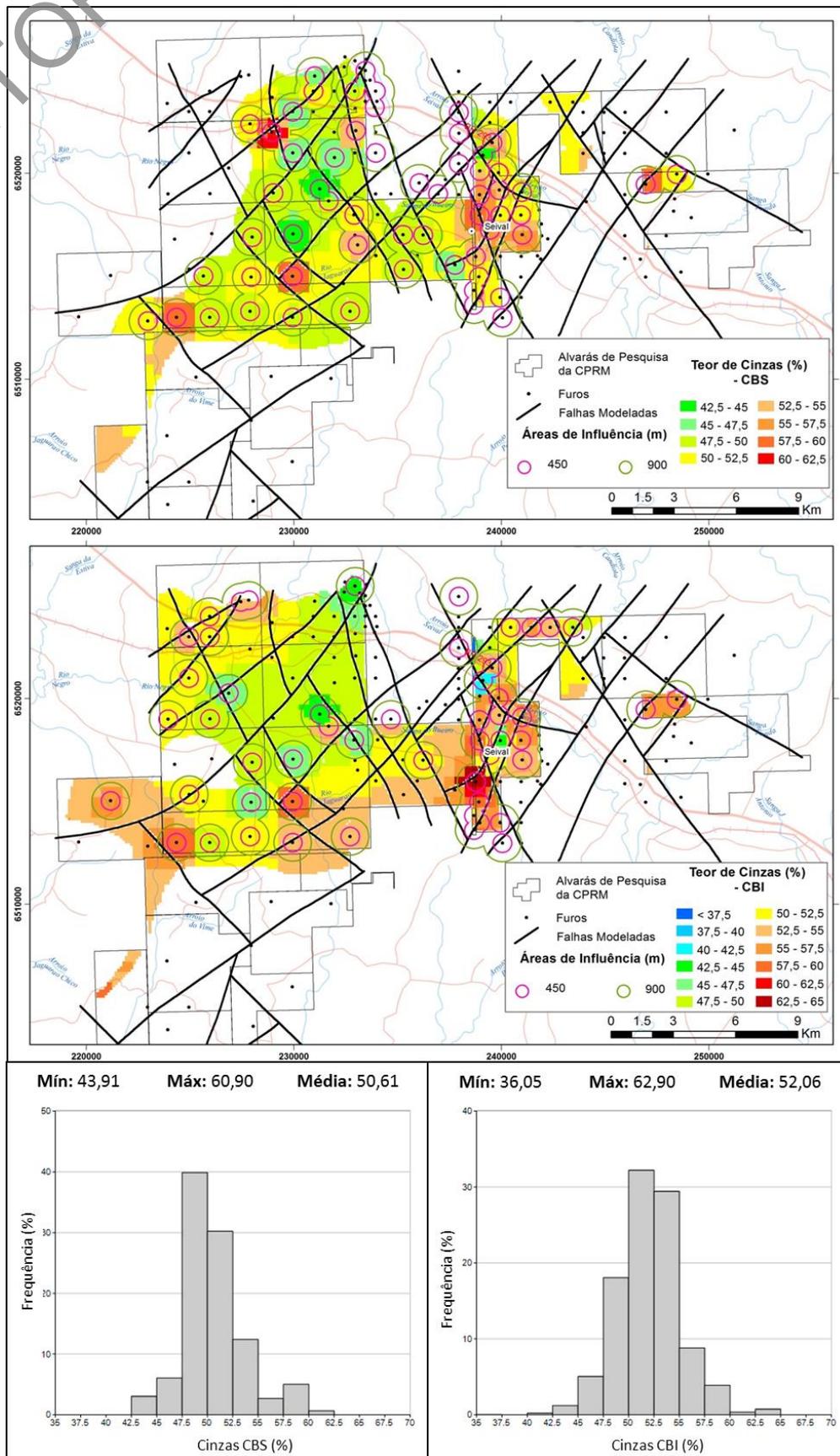
##### Camada CBI

A camada CBI exibe o teor de cinzas médio de 52,06%, sendo, portanto, superior ao da camada CBS e ligeiramente inferior ao da camada Candiota. A amostra do furo HN-077-RS possui 36,05% de cinzas, o que é incomum no depósito de Candiota, onde o teor de cinzas do carvão usualmente é maior do que 40%. Diferentemente do que ocorre na camada CBS, a camada CBI apresenta basicamente duas áreas de concentração de teores: as bordas sudoeste e leste concentram valores superiores a 52,5% de cinzas e a região centro-noroeste exibe valores menores do que 50%. Aproximadamente 60% dos blocos estimados correspondem à faixa de teor de cinzas entre 50% e 55% (Figura 47).

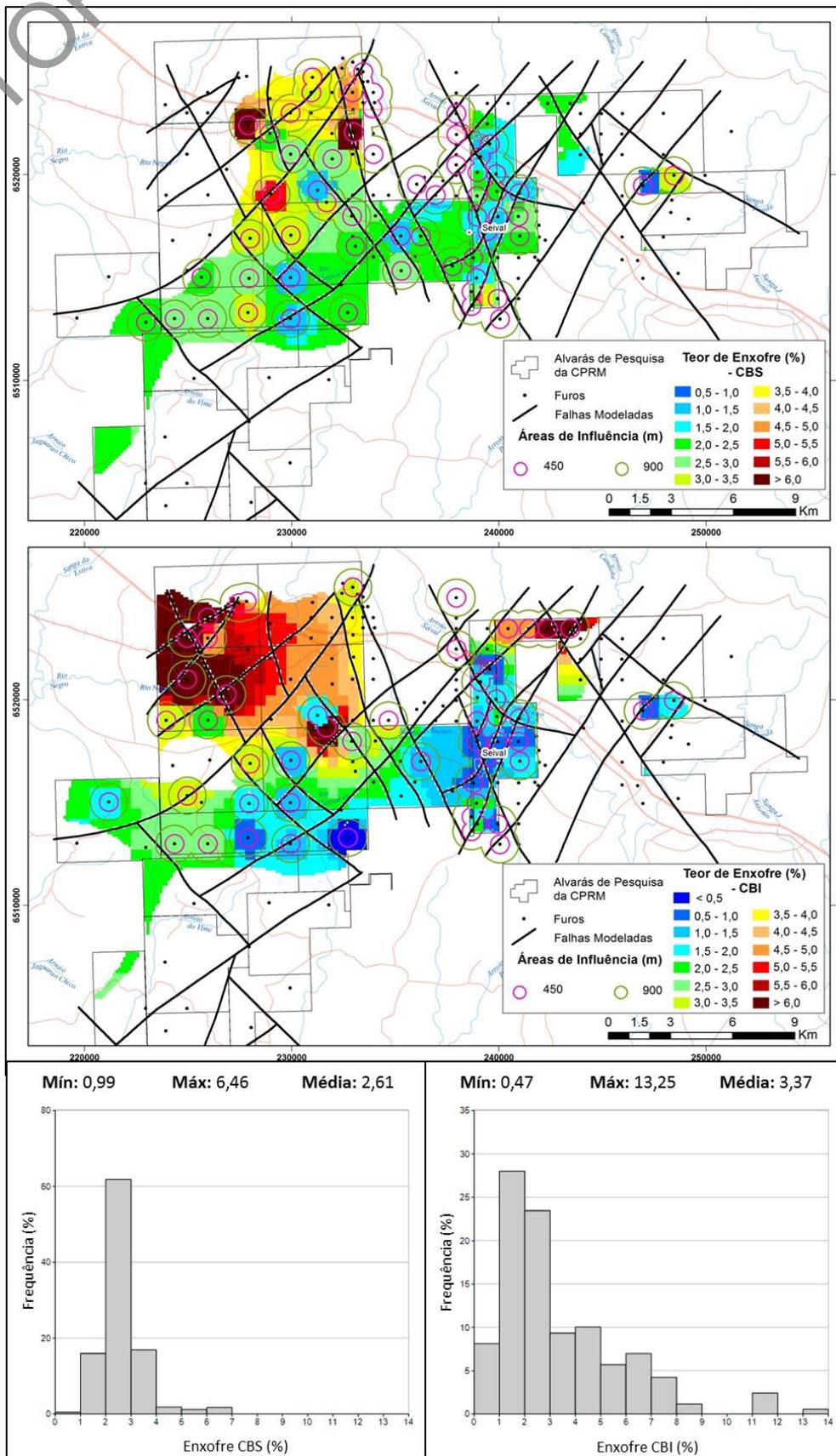
O range de variação do teor de enxofre na camada CBI é o maior dentre as camadas em questão, variando entre 0,47% e 13,25%. O valor médio encontrado, de 3,37%, é o mais alto do depósito. Claramente, a região noroeste-norte concentra os maiores teores da camada, com valores superiores a 6% de enxofre. Em direção a sudeste, os valores diminuem para intervalos com teores menores do que 2% (Figura 48).

O poder calorífico na camada CBI ocorre de maneira semelhante ao da camada CBS, com valor médio de 3.007 cal/g ligeiramente menor. O valor mínimo é 2.219 cal/g e o máximo, 4.219 cal/g. Assim como as camadas Candiota e CBS, a maioria dos blocos estimados possui valores entre 3.000 cal/g e 3.250 cal/g (Figura 49).

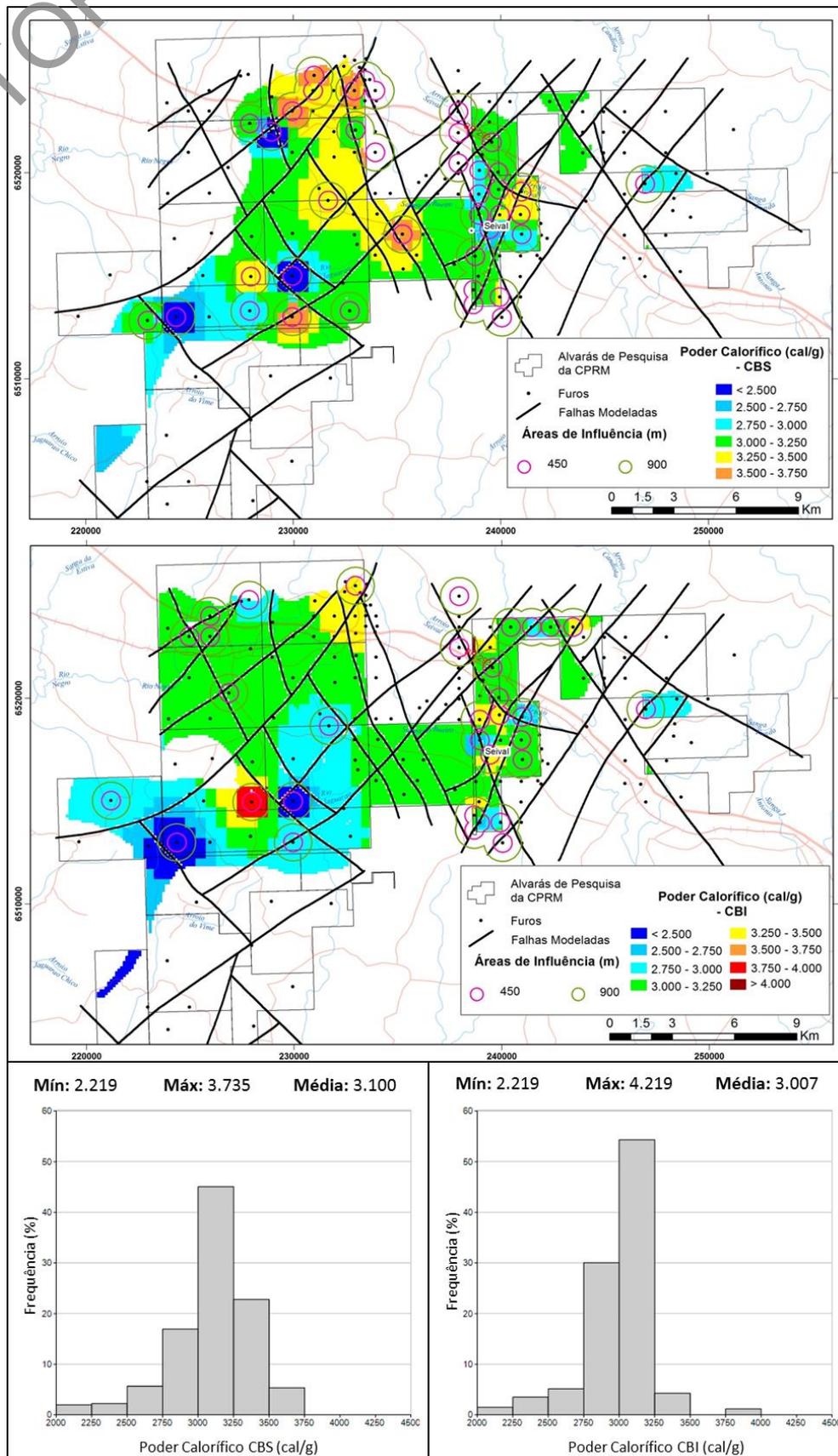
**Figura 47** – Mapas e histogramas com a distribuição do teor de cinzas do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota.



**Figura 48** – Mapas e histogramas com a distribuição do teor de enxofre do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota.



**Figura 49** – Mapas e histogramas com a distribuição do poder calorífico do carvão das camadas CBS e CBI no depósito de Candiota.



## 10.4 Classificação de Recursos

Levando-se em consideração os requisitos, segundo o código internacional JORC (2012), que devem ser atendidos para classificação dos recursos, de acordo com o grau de confiabilidade, em medido, indicado e inferido, os recursos avaliados neste estudo foram classificados em sua totalidade como inferidos. As razões para essa classificação estão relacionadas aos fatos descritos a seguir:

- Os pontos de observação (malha de sondagem) situam-se a grandes distâncias ou a espaçamentos insatisfatórios e irregulares, inadequados para utilização de critérios geoestatísticos, visando à estimativa e classificação de recursos.
- Os dados utilizados provêm do final da década de 1970 a meados dos anos de 1980; portanto, não há como comprovar a acurácia do posicionamento dos furos de sondagem, tendo em vista que não foi possível localizar as bocas dos furos em campo.
- O arquivo com as curvas de nível utilizado como topografia no modelo não possui a precisão necessária para o tipo de trabalho realizado.

A deterioração dos testemunhos de sondagem ao longo do tempo, por motivos tais como utilização de caixas de madeira para acondicionamento e armazenamento em local inadequado, além da falta dos intervalos das camadas de carvão para realização de reanálises.

Como resultado do estudo de reavaliação do depósito de carvão de Candiota, obteve-se o total de recursos para cada camada de carvão, assim como os valores médios dos principais parâmetros de qualidade da camada Candiota (Tabela 25).

**Tabela 25** – Recursos *in situ* totais das camadas de carvão do depósito de Candiota

Camada	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonelagem	Espessura (m)	Carvão na Camada/Camada Total (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Cinzas (%)	Enxofre (%)	P.Cal. (cal/g)
Candiota	3.041.829.504	5.416.057.558	5,33	86	1,78	52,51	1,66	3.190
CBI	144.980.750	261.773.304	0,88	85	1,81	52,05	3,36	3.007
CBS	254.400.357	450.395.354	1,97	89	1,77	50,60	2,61	3.100
CI1	167.166.700	294.779.581	0,36	95	1,76	-	-	-
CI2	1.050.475.549	1.917.452.662	1,48	85	1,83	-	-	-
CI3CI4	775.779.960	1.377.743.792	1,46	65	1,78	-	-	-
CI5	53.748.316	96.371.926	0,28	93	1,79	-	-	-
CI6	95.964.584	183.482.804	0,35	92	1,91	-	-	-
CI7	53.666.598	103.530.634	0,36	84	1,93	-	-	-
CS1	189.468.786	355.602.977	0,60	82	1,88	-	-	-
CS2	130.532.668	244.540.239	0,49	85	1,87	-	-	-
CS3	13.731.754	27.051.556	0,21	84	1,97	-	-	-
CS4	134.116.934	225.685.101	0,72	91	1,68	-	-	-
CS5	64.210.927	114.479.523	0,49	83	1,78	-	-	-
CS6	66.204.847	119.213.276	0,57	93	1,80	-	-	-
CS7	21.863.928	38.410.070	1,05	89	1,76	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>6.258.142.163</b>	<b>11.226.570.358</b>	-	-	-	-	-	-

## 10.5 Validação das Estimativas

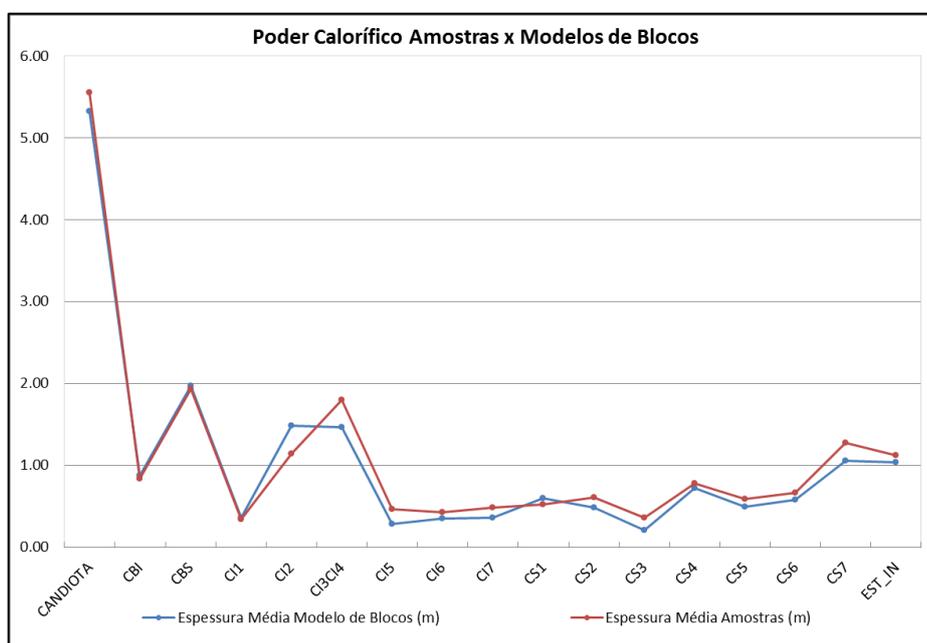
Como forma de validação das estimativas realizadas neste estudo, procedeu-se à comparação das espessuras médias das camadas de carvão nos furos de sondagem com os valores médios

de espessura no modelo de blocos (Figura 50). Também se compararam os parâmetros de qualidade do carvão encontrados nos furos com os valores médios estimados nos modelos de blocos (Figura 51).

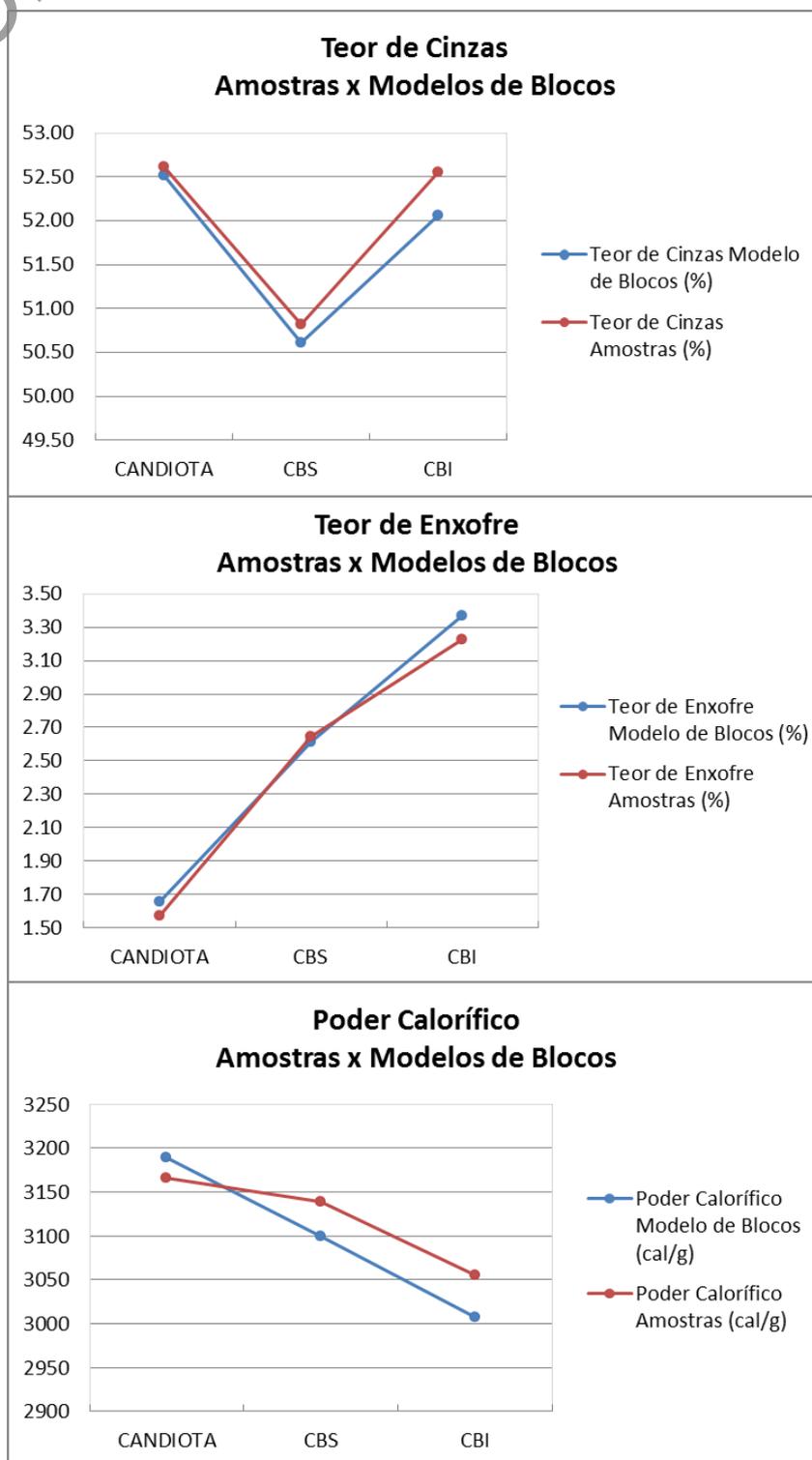
Observa-se que a maioria dos valores está coerente, evidenciando boa aderência entre os modelos de blocos e os wireframes das camadas de carvão. A única camada que apresenta diferença significativa entre os valores médios de espessura nos furos e no modelo é a CI2. Na região sul do depósito, onde a camada CI2 é mais espessa, o espaçamento entre os furos é muito grande, diminuindo a representatividade do suporte amostral das maiores espessuras dessa camada.

Com relação à validação da estimativa dos parâmetros de qualidade, de modo geral, os valores médios dos furos e dos modelos são semelhantes, visto que há tendência de atenuação dos valores estimados no modelo de blocos (Figura 51). No entanto, em alguns casos o valor médio do parâmetro no modelo de blocos ficou maior do que o valor do mesmo parâmetro nos furos. Isso ocorreu no teor médio de enxofre e no poder calorífico da camada Candiota e no teor de enxofre da camada CBI. É importante ressaltar que os dados de resultados analíticos disponíveis são poucos e estão distribuídos irregularmente pelo depósito, não sendo suficientes, portanto, para uma estimativa mais robusta. Além disso, muitos dos furos utilizados na estimativa desses parâmetros localizam-se fora das áreas dos blocos prioritários e o modelo de blocos utilizado neste estudo estatístico contempla somente o que está inserido nessas áreas.

**Figura 50** – Gráfico comparativo entre a espessura das camadas de carvão das amostras e do modelo de blocos do depósito de Candiota.



**Figura 51** – Gráficos comparativos entre os parâmetros (teor de cinzas, enxofre e poder calorífico) das amostras e os parâmetros estimados nos modelos de blocos das camadas Candiota, CBS e CBI.



## 11 LAVRA E BENEFICIAMENTO

### 11.1 Lavra

A escolha do método de lavra para o carvão (céu aberto ou subterrâneo) está relacionada diretamente à geologia do depósito e precisa levar em consideração variáveis tais como tamanho do depósito, espessura da cobertura vegetal, distribuição das camadas, controle estrutural e disponibilidade de equipamentos, bem como a vida útil do depósito com sua taxa de produção.

Muitas vezes, a definição das reservas de carvão a partir de um modelo de recursos pode ser derivada apenas da inclusão deste em um plano de lavra, representando a tonelagem de minério esperada ou carvão ROM (Run Of Mine). A recuperação da lavra dependerá do método de mineração proposto e pode ser expressa em termos da quantidade específica de carvão perdida de cada camada, ou, alternativamente, como a porcentagem da recuperação total da lavra. Esses valores, geralmente, oscilam entre 35% e 70%, com média de recuperação de 50% (WOOD Jr. et al., 1983).

#### 11.1.1 Métodos de lavra

##### 11.1.1.1 Lavra a céu aberto

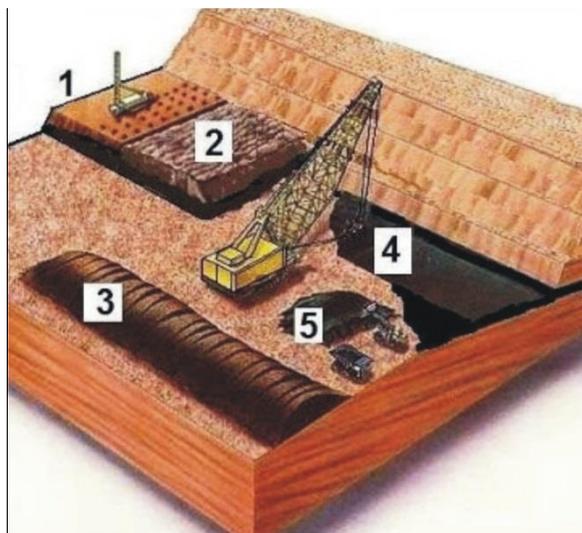
A lavra a céu aberto é possível quando a camada de carvão está aflorando ou com relações estéril/minério tais que permitam custos de extração econômicos. A lavra de carvão consiste na remoção da camada estéril (superior), deixando a camada de minério exposta, permitindo, assim, extrair o carvão mineral. A escolha específica de um método de lavra a céu aberto é condicionada ao sistema de remoção da cobertura, pois envolve grandes investimentos de capital e custos operacionais, sendo determinante para o sucesso da mineração.

Procede-se ao dimensionamento da frota da operação a partir da avaliação de fatores tais como nível de produção, distância da cava até a unidade de beneficiamento, características geológicas da jazida etc. Em todas as operações mineiras de carvão utilizam-se, basicamente, carregadeiras/escavadeiras e caminhões para transporte do ROM.

Os principais métodos de lavra a céu aberto adotados para o carvão são: strip mining (lavra em tiras), dragline stripping (descobertura) e lavra em bancadas. Na grande maioria das jazidas de carvão no mundo, o processo de lavra é subterrâneo (60%), embora grandes produtores de carvão, como Estados Unidos e Austrália, utilizem, na maioria de suas minas, o processo de lavra a céu aberto – 67% e 80%, respectivamente.

O método strip mining é caracterizado pela remoção de grandes volumes de estéril para cada tonelada de carvão produzido e envolve diversos equipamentos de escavação, transporte e carregamento (Figura 52).

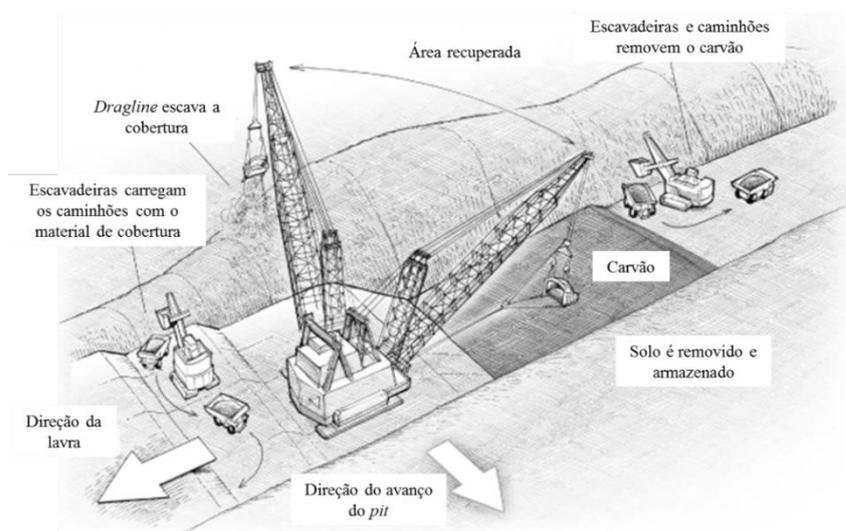
**Figura 52** – Bloco-diagrama. 1) decapeamento (perfuração/explosão); 2) retirada do estéril; 3) material estéril depositado; 4) minério; 5) pilha de carregamento do minério.



Fonte: Disponível em: <<http://mine-net.blogspot.com.br>>.

O método *dragline stripping* envolve a abertura de um corte inicial, a remoção do carvão exposto nesse corte e a colocação de material de cobertura do próximo corte longitudinal dentro desse corte inicial, sendo essa operação repetida corte a corte. Esse método é empregado em depósitos de carvão com camadas horizontalizadas ou moderadamente inclinadas, com espessuras relativamente constantes do material de cobertura. A escolha desse método leva em consideração a versatilidade nas mais diversas condições de operação, pois depende da espessura da cobertura a ser removida e do custo unitário de material escavado (Figura 53).

**Figura 53** – Ilustração do método de lavra *dragline stripping*.



Fonte: Modificado de SEC, 2009.

O método de lavra em bancadas é utilizado, principalmente, em depósitos cujas camadas de carvão são relativamente espessas, horizontalizadas ou levemente inclinadas e apresentam baixa razão de descobertura. Inicialmente, faz-se a abertura de uma cava e, em seguida, um corte no sentido de avanço da lavra, sendo que a cobertura é transportada para a área já lavrada, onde é depositada. O carvão é removido e o processo repete-se na medida em que a

cava avança. Algumas vezes é necessária a utilização de explosivos para auxiliar no desmonte e fragmentação tanto da cobertura quanto da rocha, facilitando, dessa forma, a atuação dos equipamentos de carregamento e transporte (Figura 54).

**Figura 54** – Lavra em bancadas; mineração de carvão (China).



Fonte: Corporate Knights, 2015.

A maioria das atividades de lavra de carvão a céu aberto causa impacto ambiental significativo, muitas vezes gerando um passivo que prejudica a sociedade e pulveriza os lucros das mineradoras. O planejamento para recuperação ambiental é indispensável para manter a qualidade do meio ambiente no entorno das áreas mineradas, englobando a disposição do material estéril (inclusive descobertura) e rejeitos da lavra/beneficiamento. A não observância a esses fatores acarreta problemas tais como drenagem ácida, processos erosivos, liberação de gases para a atmosfera, impacto visual e outros tantos efeitos danosos, com muitas pesadas dos órgãos ambientais.

#### **11.1.1.2 Lavra Subterrânea**

Existem dois tipos dominantes de lavra subterrânea: câmaras e pilares (*room-and-pillar*) e frente larga (*longwall mining*). O principal método de lavra utilizado no Brasil na mineração subterrânea é o de câmaras e pilares (Figura 55), escolhido pelas principais mineradoras de carvão dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Esse método é caracterizado pela recuperação de depósitos de carvão em forma de galerias em profundidades de 70 m a 300 m e é utilizado em depósitos com camadas horizontais ou levemente inclinadas nos quais o teto é sustentado primeiramente por pilares naturais na própria estrutura da rocha. Os pilares são organizados preferencialmente na forma retangular ou quadrada para facilitar o planejamento e as operações de lavra. O dimensionamento estrutural está relacionado à espessura e profundidade do depósito, bem como à estabilidade e resistência dos pilares. A recuperação máxima na lavra é de 50%, já que a recuperação dos pilares é evitada por conta dos riscos da subsidência.

**Figura 55** – Método de câmara e pilares adotado pela Carbonífera Metropolitana S/A.

Fonte: Disponível em: <<http://www.carboniferametropolitana.com.br/metodo/perfuratriz-de-frente-15>>.

O método longwall mining implica a extração total do carvão de uma seção da cobertura ou da frente utilizando-se cortadeiras mecânicas. É considerado um método de eficiência comprovada e de alta produtividade para lavra subterrânea de jazidas de carvão sub-horizontal (Figura 56).

**Figura 56** – Método *longwall mining* na lavra de carvão.

Fonte: MANUTENÇÃO&SUPRIMENTOS, 2012.

Porém, esse método tem como contraponto a altura máxima da lavra (6 m), que é limitada pelo equipamento de corte. Quando utilizado em camadas mais espessas que 6 m, o volume de minério excedente é abandonado, diminuindo a recuperação mássica do depósito. Para depósitos de carvão com camadas mais espessas é utilizado o método Longwall Top Coal Caving (LTCC), presente nas grandes mineradoras de carvão do mundo.

### 11.1.2 Lavra de carvão em Candiota

Em Candiota, a título de exemplo, a única mina em operação é a da CRM, tendo como cliente praticamente único a Usina Termelétrica Presidente Médici da Eletrobrás CGTEE. Outros clientes locais e regionais movimentam pequeno volume de minério e pouco contribuem para o caixa da empresa.

O método de lavra é a céu aberto (lavra em tiras – *strip mining*): sistema de exploração *truck-and-shovel*, escavadeira hidráulica de dragline. A relação estéril/minério média (REM) varia de 2 a 2,5 m<sup>3</sup>/t (a CRM considera como limite econômico 3 m<sup>3</sup>/t). A espessura de capeamento varia de 8-12 m.

Várias possibilidades devem ser consideradas, quando se tratar de métodos de lavra a serem utilizados em uma jazida em que não houve trabalho anterior de mineração. Informações sobre geometria, competência da rocha, estabilidade de taludes, avanços e incremento da distância média de transporte, além da disposição dos corpos mineralizados, são indispensáveis nessa avaliação.

Portanto, as sugestões aqui apresentadas devem ser encaradas como um primeiro enfoque da questão, sendo necessário, por exemplo:

- Adensamento da malha de sondagem, a partir de reavaliação completa de todos os dados, inclusive revisão das descrições de testemunhos, devido ao alto custo das perfurações.
- Caracterização físico-química de rotina das amostras de carvão dos novos furos, além de programação de ensaios especiais, visando ao conhecimento mais detalhado das propriedades petrográficas, coqueificação, geoquímica das cinzas, presença de metano e outros, bem como melhor avaliação da lavabilidade das camadas, por meio de ensaios sobre maiores volumes de amostra, obtidos em furos executados com metodologia especial para esse fim.
- Estudos das condições geomecânicas e hidrogeológicas dos maciços da rocha onde serão escavadas as aberturas subterrâneas da futura lavra, que deverão estar alinhados com a interpretação detalhada das fácies e dos sistemas deposicionais imediatamente encaixantes das camadas de carvão, bem como da geologia estrutural, visando a fornecer suporte confiável ao projeto de lavra.
- Previsão do impacto ambiental que as operações de exploração do carvão poderão causar, especialmente no sistema solo-água e à vida das populações habitantes da região, com alternativas para evitar e/ou minimizar tais efeitos negativos, por meio de medidas adequadas de prevenção.

## 11.2 Beneficiamento

Beneficiamento de carvão mineral consiste em uma série de processos que visam à redução da matéria inorgânica, da rocha estéril e das impurezas existentes no carvão. Ou seja, refere-se ao tratamento dado ao carvão provindo diretamente da mina (ROM), logo após sua extração, a fim de assegurar a sua qualidade e aumentar sua potencialidade para uso. A definição do processo de beneficiamento do carvão a ser aplicado a uma jazida depende essencialmente da realização de diversos testes e ensaios, os quais objetivam avaliar a recuperação do carvão e a qualidade final do produto passível de produção.

Para completa classificação do carvão, são realizados ensaios e análises segundo normas da American Society for Testing and Materials (ASTM) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dentre os quais se destacam:

- Análise imediata: Define umidade total, higroscópica, umidade de retenção, cinzas (matéria mineral inerte), matérias voláteis e carbono fixo.
- Análise elementar: Define a porcentagem de carbono, hidrogênio, enxofre total, enxofre pirítico, enxofre orgânico, enxofre sulfático, oxigênio+halogênios.
- Poder calorífico (cal/g): Superior e Inferior.
- Dilatometria: Ponto de amolecimento (C°), máxima e mínima contração.

- Fusibilidade das cinzas: Ponto de amolecimento, ponto de fusão, ponto de liquidez; FSI (Free Swelling Index – Índice de Inchamento Livre), que define carvões energéticos e coqueificáveis (siderúrgicos).
- Análise petrográfica (%): Vitrinita, exinita, huminita, leptinita, inertinita (macerais), matéria mineral e poder refletor.
- Composição química das cinzas: Óxido de silício, alumínio, ferro, cálcio, fósforo, manganês, sódio, potássio, perda ao fogo, pH das cinzas.
- Ensaio densimétrico nas frações do carvão.
- Curvas de lavabilidade, curvas granulométricas e reatividade do carvão.

Nas décadas de 1960, 1970 e 1980, a filosofia de beneficiamento era diferente da dos dias atuais. Nessa época, era comum o carvão ser fracionado nas granulometrias de 50 x 0,6 mm (ou 40 x 0,6 ou 25 x 0,6 – dependia da liberação). Assim, a fração maior que 0,6 mm era destinada a um jigue e a fração menor que 0,6 mm, para flotação ou rejeito. O certo é que jigue não consegue beneficiar partículas muito menores que 2 mm, e partículas com mais de 0,3/0,4 mm não são flotáveis. Atualmente, o beneficiamento ocorre na fração +2 mm destinado ao jigue ou meio denso e -2 mm +0,1 mm em espirais concentradoras e/ou mesas etc. As frações -0,1 mm são destinadas ao processo de flotação.

A correlação das camadas de carvão realizada para a modelagem geológica do depósito de Candiota identificou 18 camadas de carvão (Quadro 11). No entanto, devido à ocorrência restrita das camadas 8 e 9, tanto superiores quanto inferiores, optou-se por não as modelar.

**Quadro 11** – Camadas de carvão identificadas e correlacionadas na modelagem geológica

<b>Camadas de Carvão Interpretadas e Correlacionadas</b>	<b>Norte</b>	<b>Sul</b>
	CS9	CS9
	CS8	CS8
	CS7	CS7
	CS6	CS6
	CS5	CS5
	CS4	CS4
	CS2	CS2
	CS1	CS1
	CBS	CANDIOTA
	CBI	
	C11	C11
	C12	C12
	C13C14	C13C14
	C15	C15
	C16	C16
	C17	C17
	C18	C18
C19	C19	

### 11.2.1 Ensaio densimétrico – curvas de lavabilidade

Em um circuito de beneficiamento, a concentração gravimétrica é um dos processos mais comumente utilizados. Para definir sua aplicabilidade, são realizados ensaios do tipo afunda-flutua, que servem para prever teoricamente a quantidade de produto e de cinzas contida no carvão, ou seja, identifica quais os produtos passíveis de serem obtidos e seus balanços mássicos. As curvas de lavabilidade (ou curvas de liberação), também conhecidas como curvas de Henry-Reinhardt, são basicamente três: curva densimétrica, curva dos flutuados/afundados e curva de tolerância ou NGM (Near-Gravity Material).

Com essas curvas, é possível estimar a densidade de corte em função de recuperações mássicas e teores dos produtos afundados e flutuados. NGM é, por definição, todo material que tem densidade  $\pm 0,1$  g/cm<sup>3</sup> da densidade de corte (por exemplo, em um corte em 1,6 g/cm<sup>3</sup>, NGM é o material retido entre 1,5 e 1,7 g/cm<sup>3</sup>). O NGM é expresso também por uma curva, e não por um ponto, pois facilita na interpretação dos resultados. Portanto, a curva dos NGMs expressa, na realidade, a dificuldade de se beneficiar um carvão para diversas densidades de corte. Há também curvas derivadas destas, como a curva elementar, utilizada basicamente na combustão.

Neste trabalho, não são todas as camadas que apresentam informações suficientes para se proceder a uma análise estatística que possa gerar um trend preferencial para ser representativo.

Os ensaios densimétricos foram realizados na faixa granulométrica -3,175 mm + 0,074 mm, com intervalos densimétricos -1,65, 1,65 a 1,85, 1,85 a 2,1 e +2,1 g/cm<sup>3</sup>, com o objetivo de projetar o rendimento dos carvões quando submetidos a processos de beneficiamento. Todas as análises foram agrupadas por camadas e tipo de curva, a fim de gerar curvas médias para facilitar a interpretação dos resultados (Tabela 26).

**Tabela 26** – Valor médio de teores de cinzas, enxofre e poder calorífico por camada de carvão ROM

Camada de Carvão ROM	Valor Médio de Teores		
	Cinzas (%)	Enxofre (%)	P.Cal. (cal/g)
CS8	39,2	2,4	3464
CS7	54,4	2,2	3290
CS6	55,6	2,6	3243
CS5	62,9	1,5	2114
CS4	46,7	1,9	3390
CS2	53,1	1,4	3033
CS1	55,1	1,9	3028
CBS	51	2,6	3248
Candiota	51,6	1,3	3155
CBI	52	1,7	3205
CI1	52,7	2,9	3289
CI2	56,0	1,7	2715
CI3	50	2,0	3327
CI4	53	2,8	2995
CI3CI4	56	2,2	2957
CI5	53,4	4,9	2989
CI6	51,9	2,22	3181
CI7	53,1	2,67	3701

Vale ressaltar que os dados de recuperação mássica e teor de cinzas obtidos a partir dessas curvas são para uma perfeita separação e dependem da eficiência do equipamento de lavabilidade utilizado, sendo, portanto, considerados apenas valores teóricos de simulação.

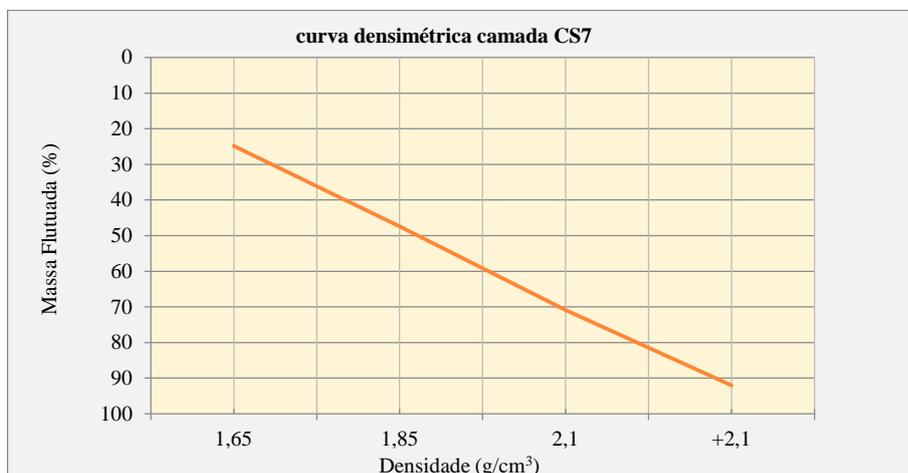
Os poucos intervalos densimétricos utilizados nas análises de afunda-flutua dificultam bastante a interpretação dos resultados quanto à liberação de matéria carbonosa.

A seguir, são apresentadas as curvas densimétrica, recuperação mássica, NGM e enxofre acumulado por camada. Foram suprimidas as informações das camadas CS8, CI7, CI8 e CI9 por ausência ou pouca disponibilidade de informações.

### 11.2.1.1 Camada CS7

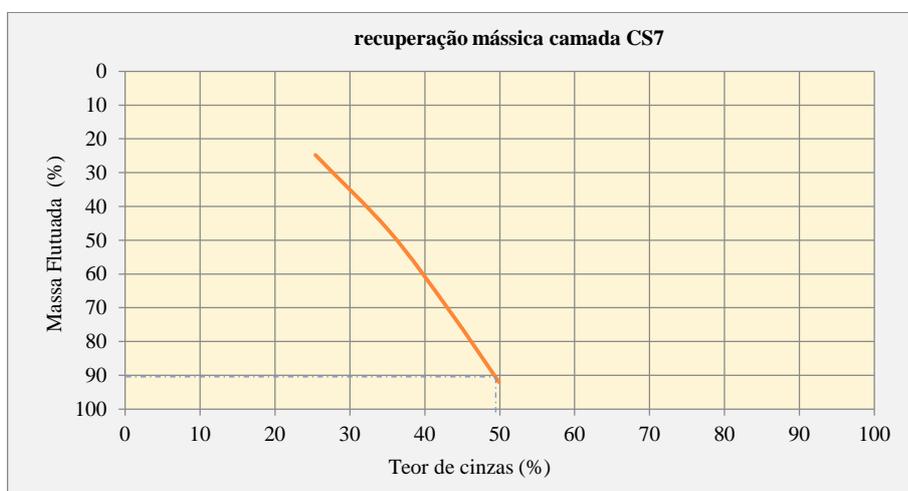
A curva média densimétrica na camada CS7 apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, com razoável liberação de matéria carbonosa até a densidade de 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 57).

**Figura 57** – Curva média densimétrica (camada CS7).



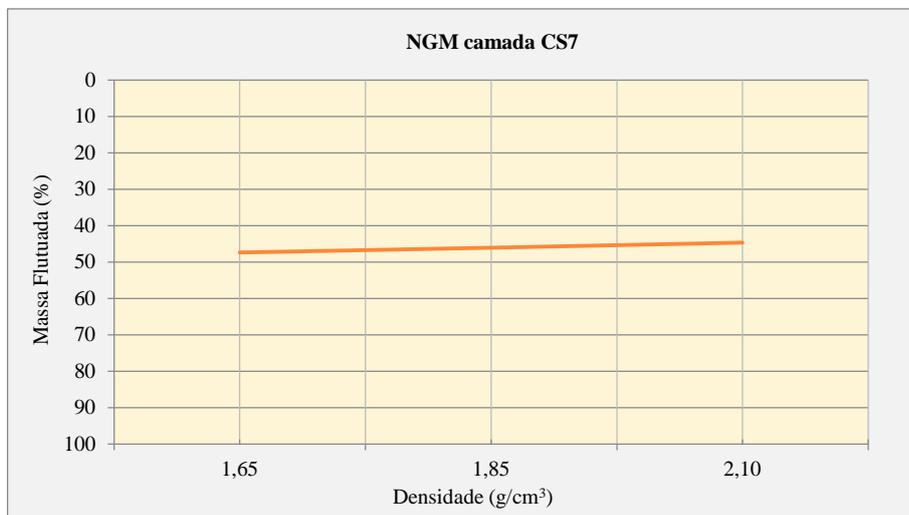
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 50% (Figura 58).

**Figura 58** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS7).



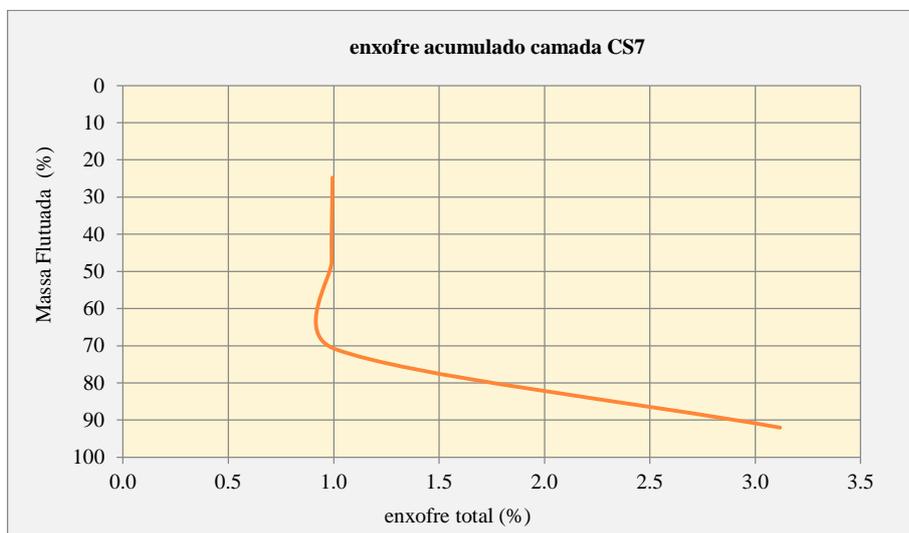
As curvas NGM apresentam valores acima de 25% e praticamente não se alteram com o aumento da densidade, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 59).

**Figura 59** – Curva média NGM (camada CS7).



A curva do enxofre permanece quase que constante em 1%, com pequena depleção durante o processo de beneficiamento entre os intervalos de 50 e 70% de massa flutuada, com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 60).

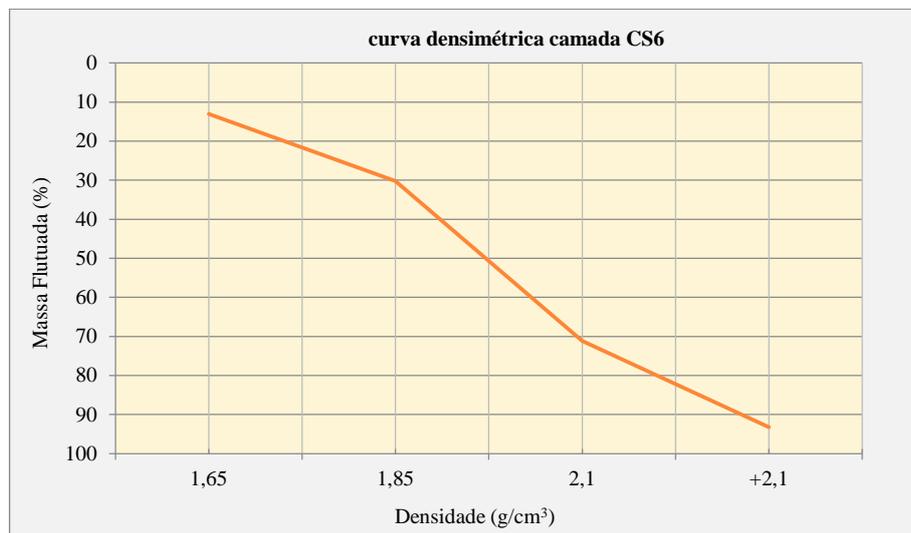
**Figura 60** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS7).



### 11.2.1.2 Camada CS6

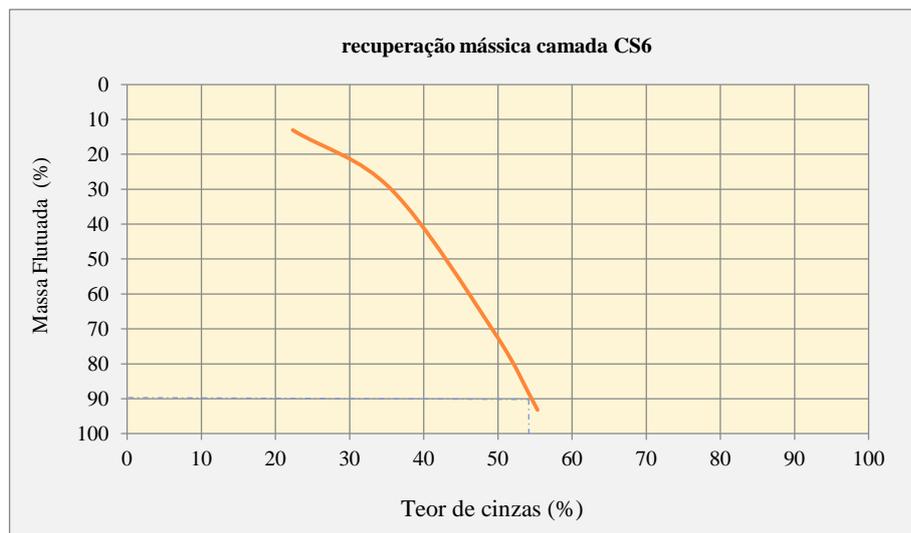
A curva média densimétrica na camada CS6 apresenta dois comportamentos distintos, mostrando razoável liberação de matéria carbonosa até a densidade 1,85 g/cm<sup>3</sup>, com baixa liberação entre os intervalos 1,85 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>, e, novamente, melhor liberação acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 61).

**Figura 61** – Curva média densimétrica (camada CS6).



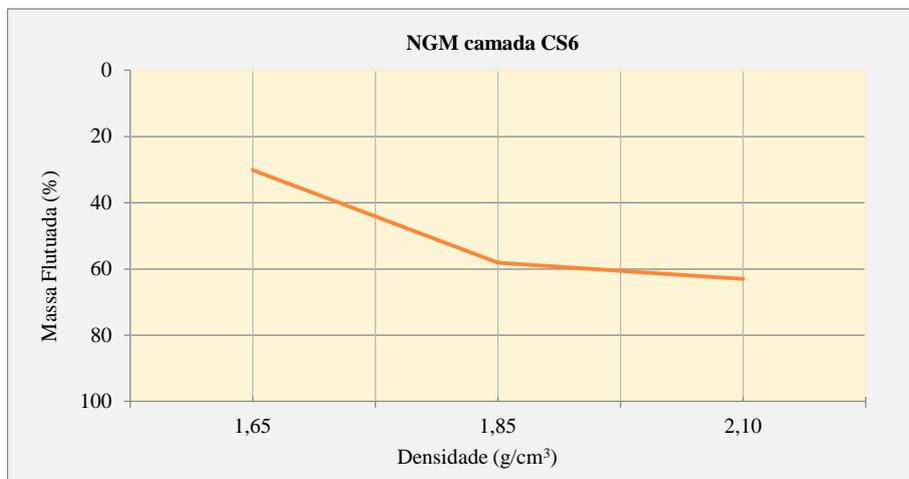
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 54% (Figura 62).

**Figura 62** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS6).



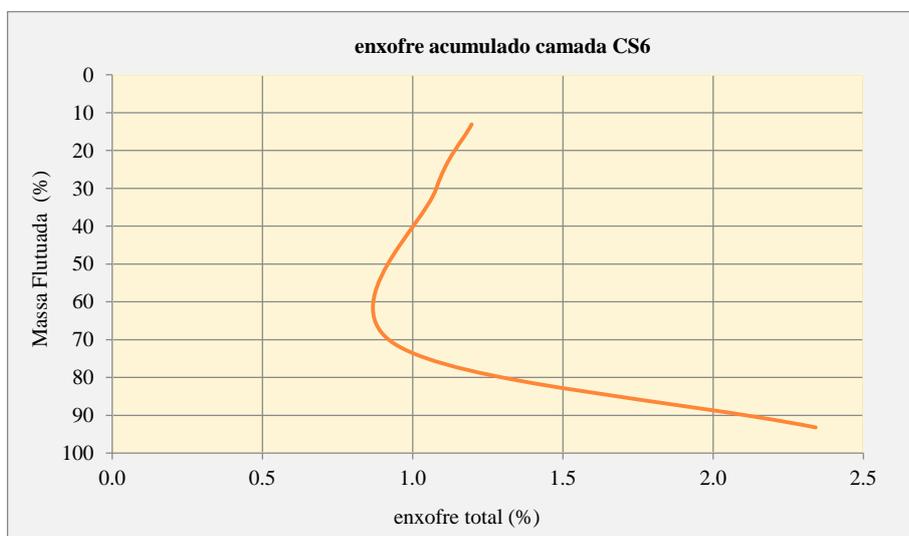
As curvas NGM apresentam valores razoáveis apenas em baixas densidades. No comportamento geral, apresentam valores acima de 25%, que aumentam ao longo do processo de beneficiamento, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões (Figura 63).

**Figura 63** – Curva média NGM (camada CS6).



A curva do enxofre apresenta pequena redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 64).

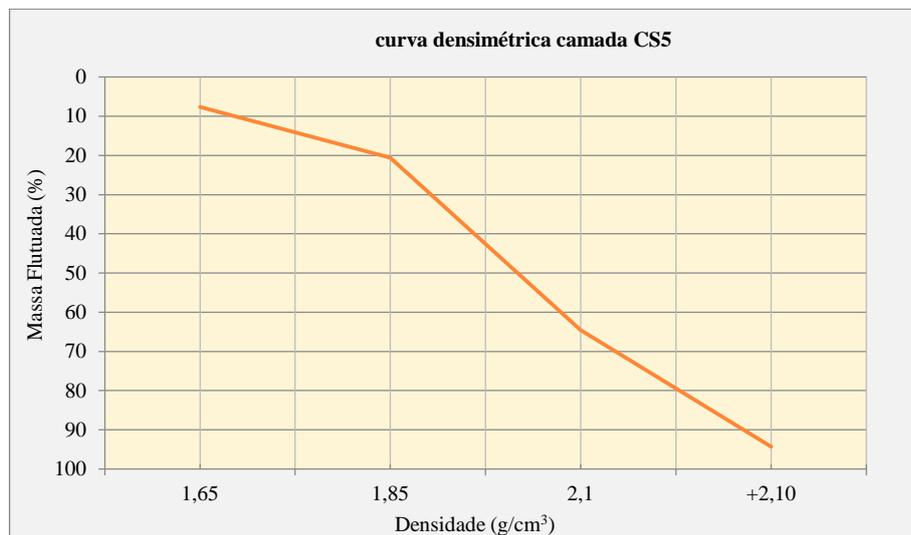
**Figura 64** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS6).



### 11.2.1.3 Camada CS5

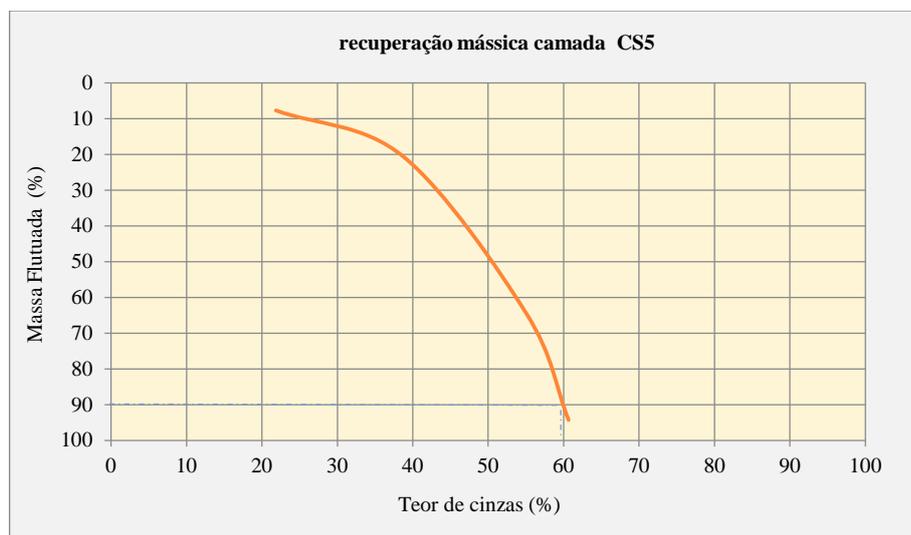
As curvas geradas para a camada CS5 apresentam grande similaridade com as da camada CS6, mostrando razoável liberação de matéria carbonosa até a densidade 1,85 g/cm<sup>3</sup>, com baixa liberação entre os intervalos 1,85 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>, e com melhor liberação acima de 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 65).

**Figura 65** – Curva média densimétrica (camada CS5).



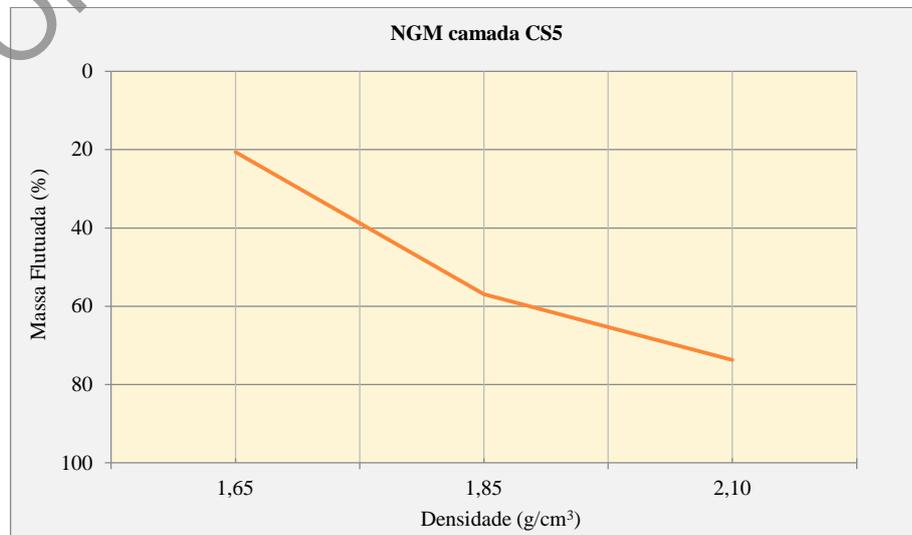
A diferença reside basicamente na recuperação mássica que essa camada pode oferecer. Os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 60% (Figura 66).

**Figura 66** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS5).



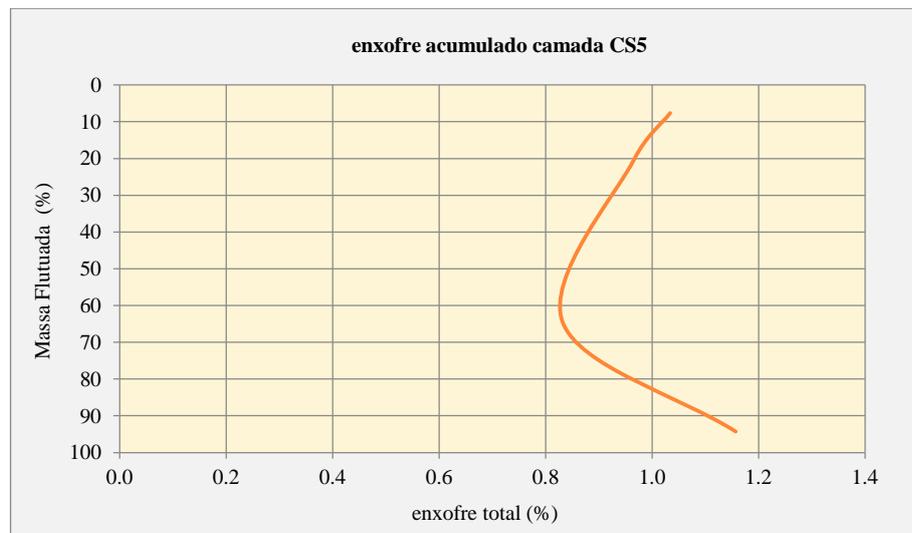
As curvas NGM apresentam valores razoáveis apenas em baixas densidades (Figura 67).

**Figura 67** – Curva média NGM (camada CS5).



Nessa camada, o teor de enxofre acumulado mostra depleção no estágio inicial de beneficiamento e enriquecimento no final (Figura 68).

**Figura 68** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS5).

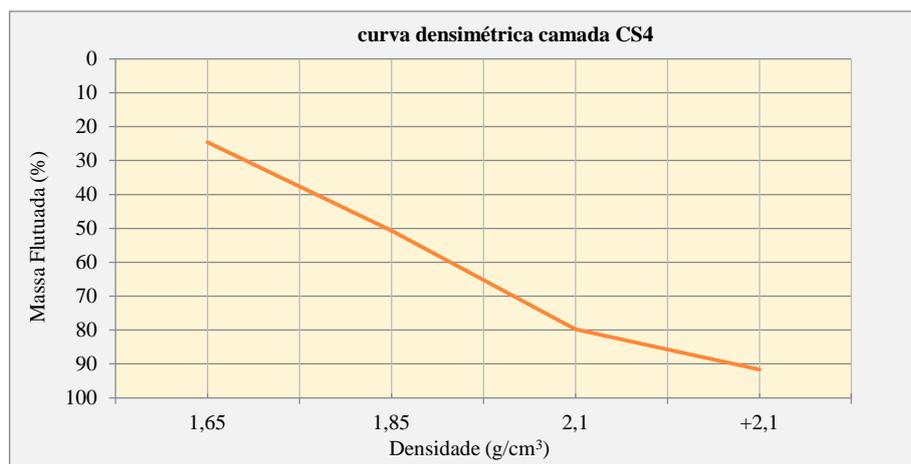


#### 11.2.1.4 Camada CS4

A camada CS4 foi a que apresentou o menor teor médio de cinzas e um dos maiores valores de poder calorífico médio em suas análises ROM, com 46,7% e 3.390 cal/g, respectivamente.

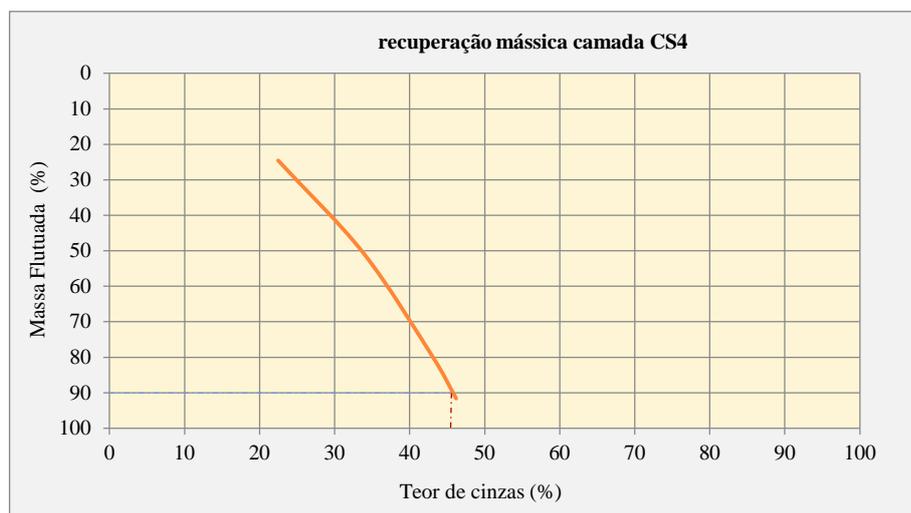
A curva densimétrica apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, com razoável liberação de matéria carbonosa entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, provavelmente há maior liberação de material orgânico (Figura 69).

**Figura 69** – Curva média densimétrica (camada CS4).



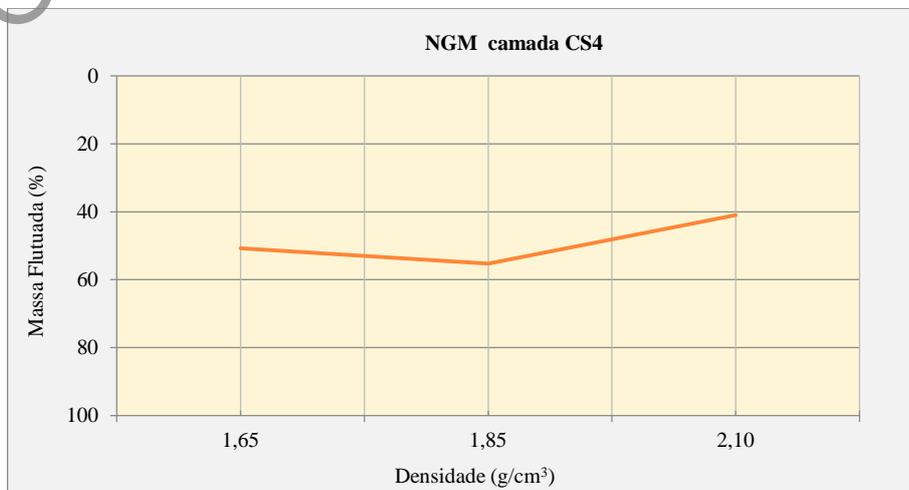
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 46% (Figura 70).

**Figura 70** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS4).



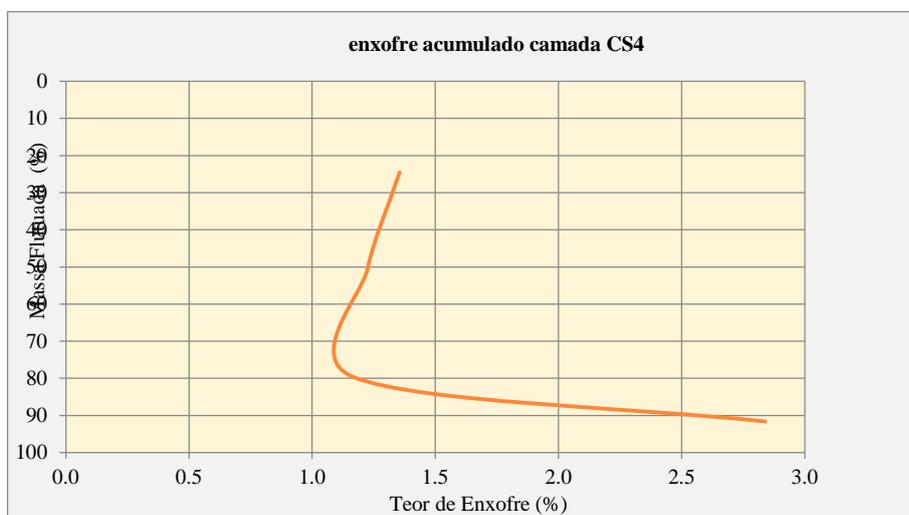
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 71).

**Figura 71** – Curva média NGM (camada CS4).



A curva do enxofre tem comportamento similar ao das demais camadas, com pequena redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 72).

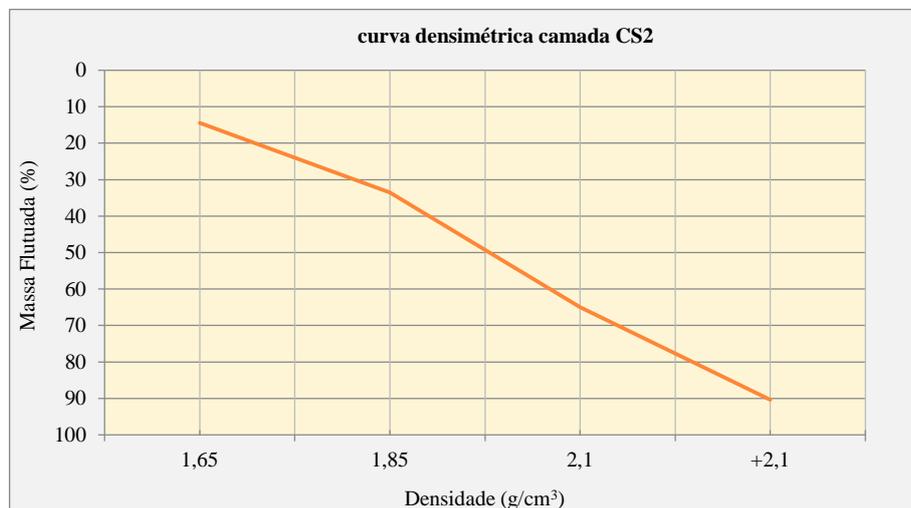
**Figura 72** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS4).



### 11.2.1.5 Camada CS2

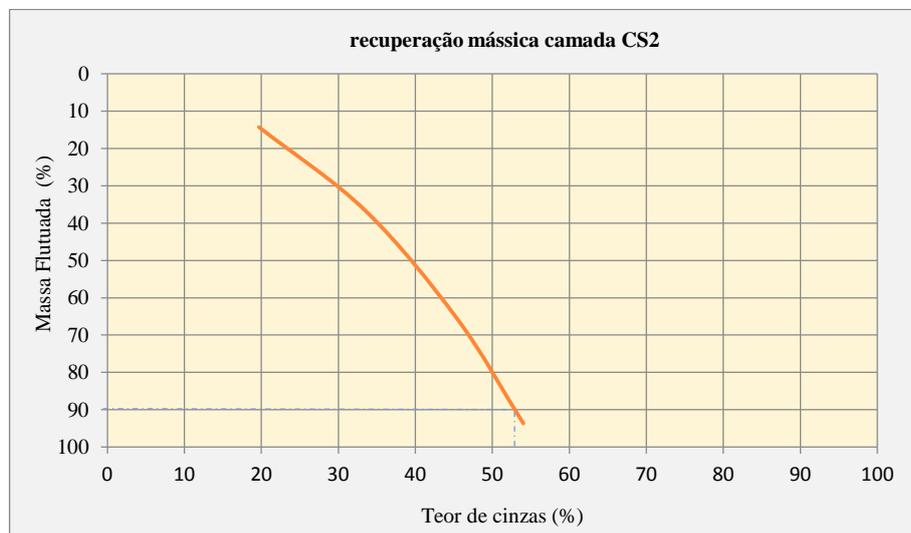
A curva densimétrica apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, com razoável liberação de matéria carbonosa entre o intervalo densimétrico 1,65 e 1,85 g/cm<sup>3</sup>, com menor liberação entre 1,85 e 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 73).

Figura 73 – Curva média densimétrica (camada CS2).



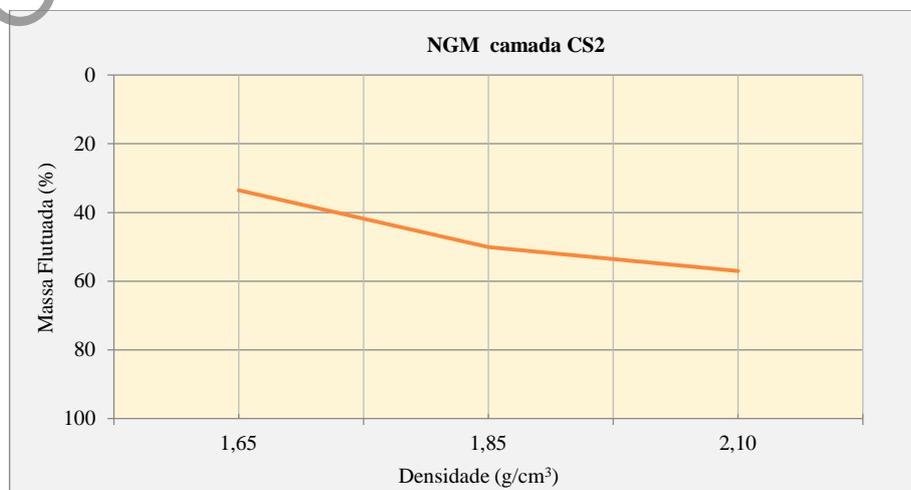
Quanto à recuperação mássica, essa simulação aponta até 90% de rendimento para o carvão, com teores de cinzas em torno de 52% (Figura 74).

Figura 74 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS2).



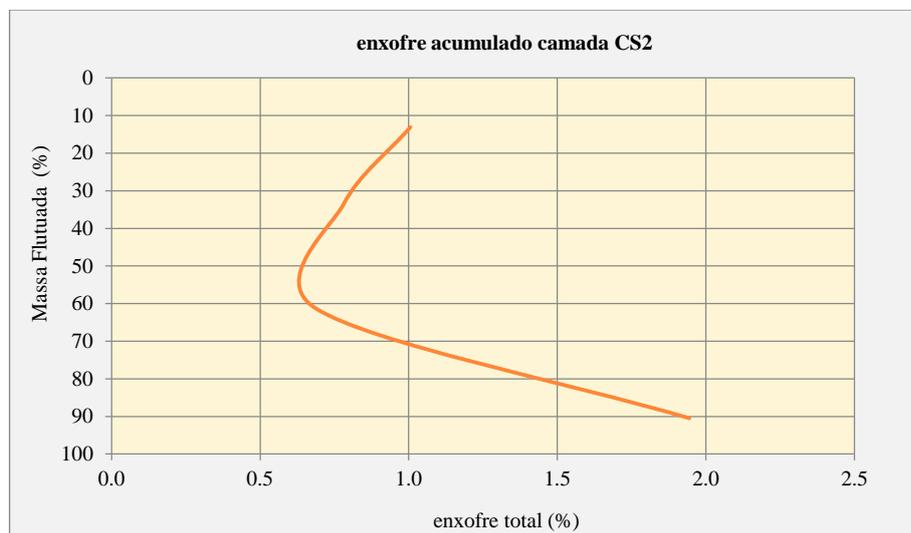
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 75).

**Figura 75** – Curva média NGM (camada CS2).



A curva do enxofre apresenta redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>. A redução do teor de enxofre total está relacionada à quantidade de matéria orgânica, que diminui à medida que a densidade aumenta. Isso ocorre, provavelmente, pela maior presença de enxofre na forma orgânica na estrutura do carvão, que influencia no teor de enxofre total. Já o enriquecimento de enxofre nas frações mais densas está relacionado às frações inorgânicas na forma pirítica (Figura 76).

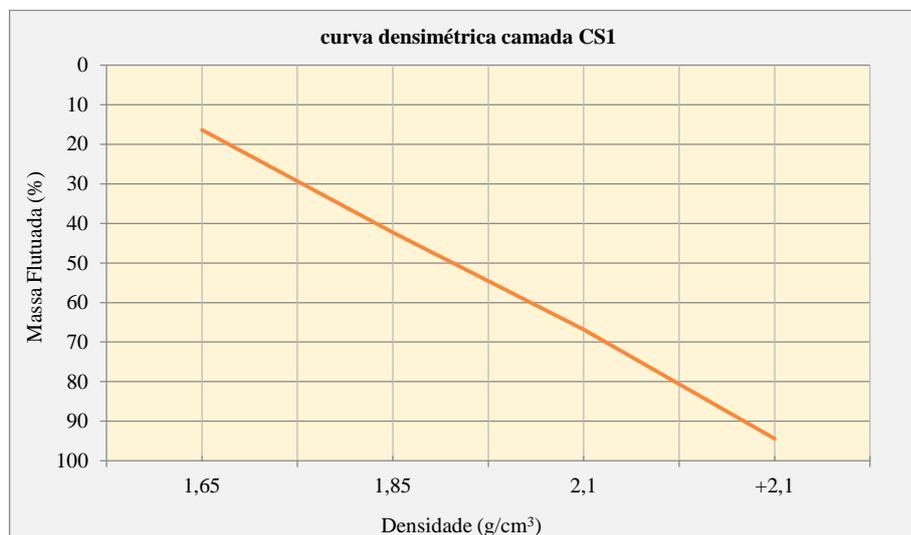
**Figura 76** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS2).



### 11.2.1.6 Camada CS1

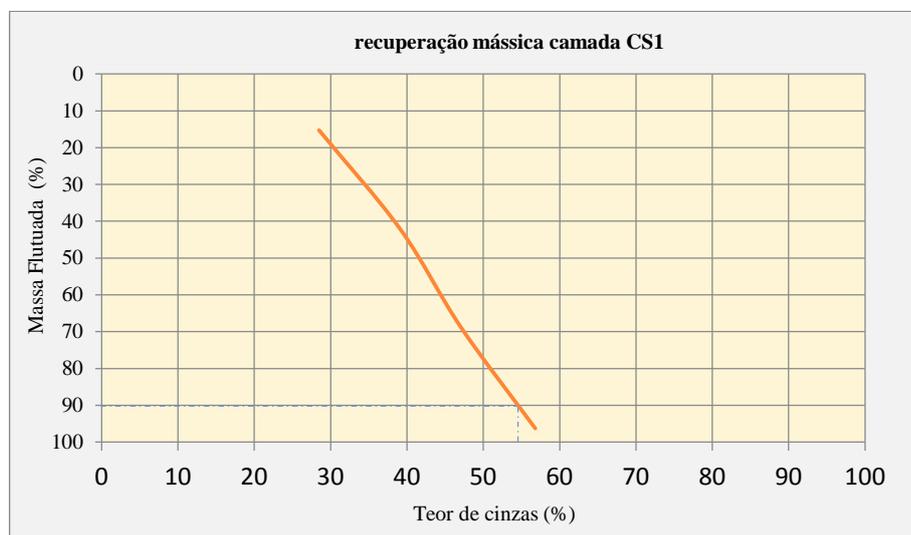
A curva média densimétrica na camada CS1 apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, com razoável liberação de matéria carbonosa em todo o intervalo densimétrico, inclusive acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 77).

Figura 77 – Curva média densimétrica (camada CS1).



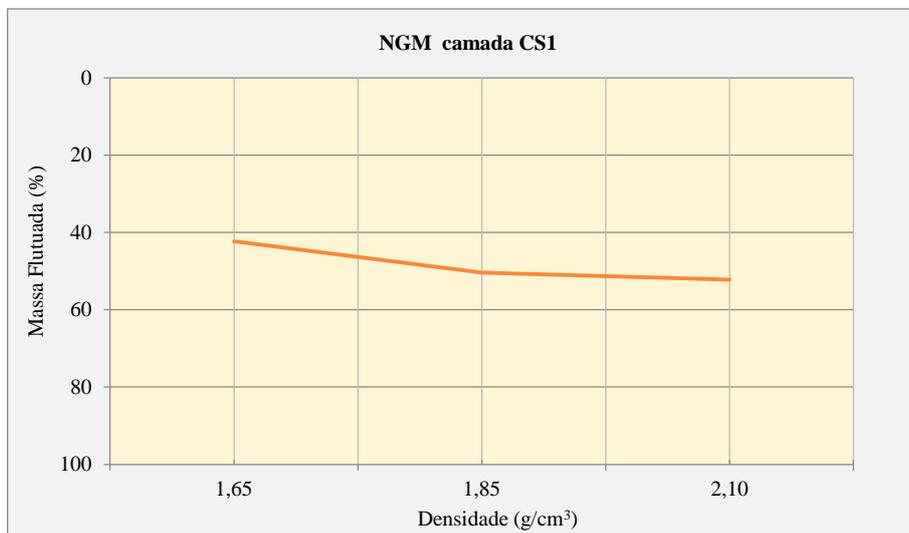
Quanto à recuperação mássica, essa simulação aponta na curva dos flutuados até 90% de rendimento para obter carvões com teores de cinzas em torno de 54% (Figura 78).

Figura 78 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CS1).



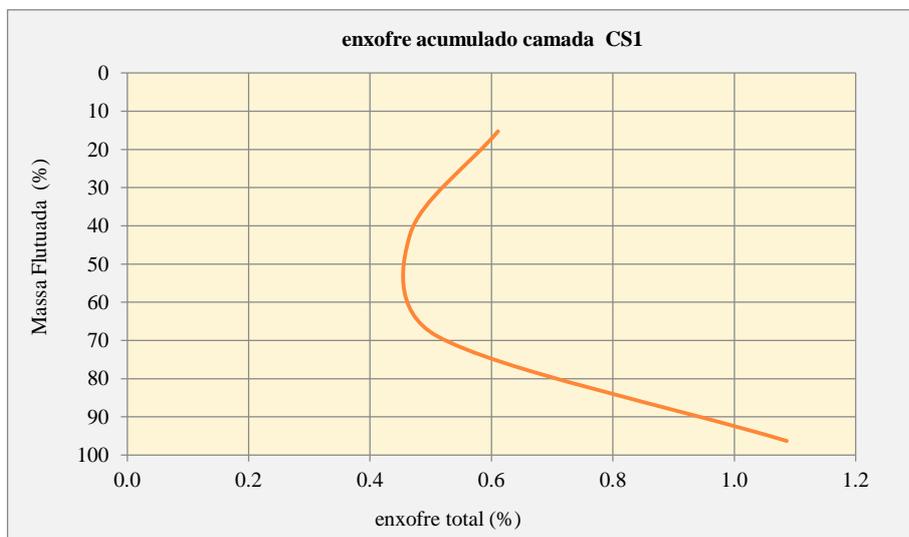
As curvas NGM apresentam valores acima de 25% que praticamente não se alteram com o aumento da densidade, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 79).

**Figura 79** – Curva média NGM (camada CS1).



A curva do enxofre apresenta redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 80).

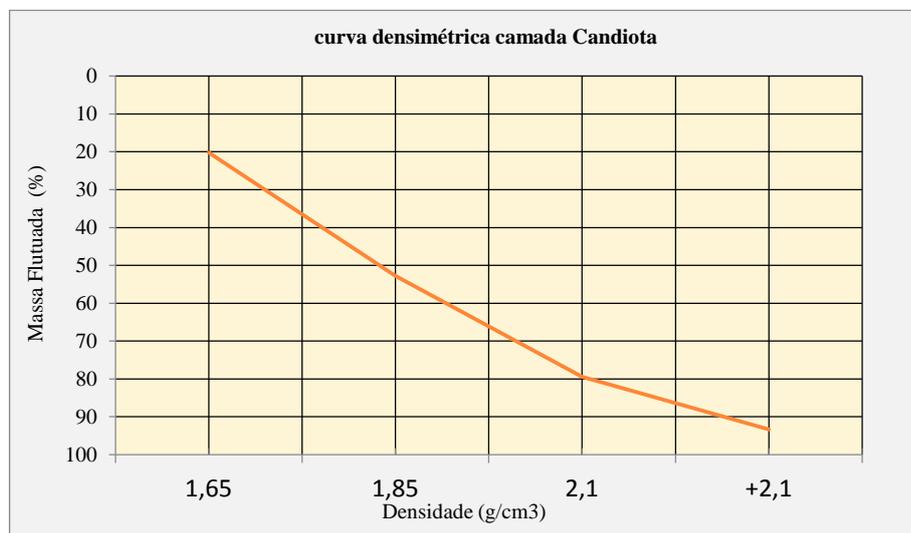
**Figura 80** – Curva média de enxofre acumulado (camada CS1).



### 11.2.1.7 Camada Candiota

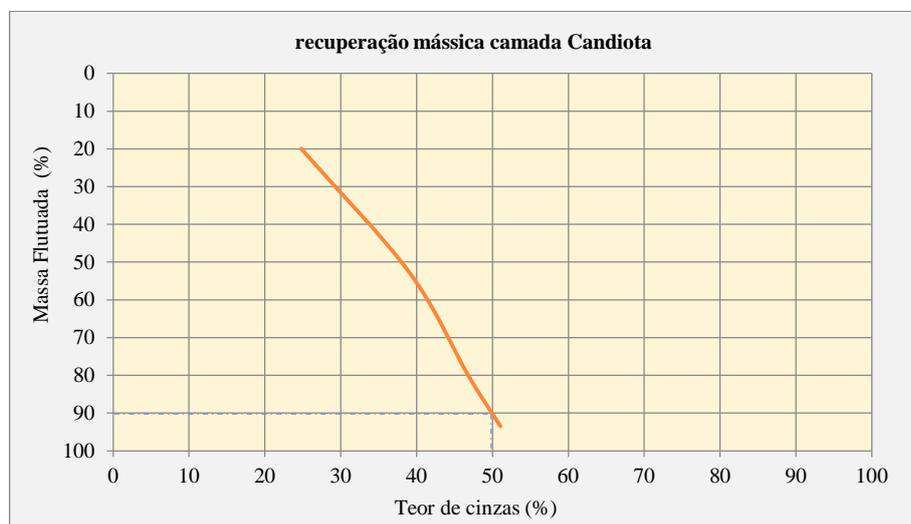
A curva média densimétrica na camada Candiota apresenta baixa a razoável liberação de matéria carbonosa entre os intervalos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>; entretanto, mostra melhor liberação acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 81).

**Figura 81** – Curva média densimétrica (camada Candiota).



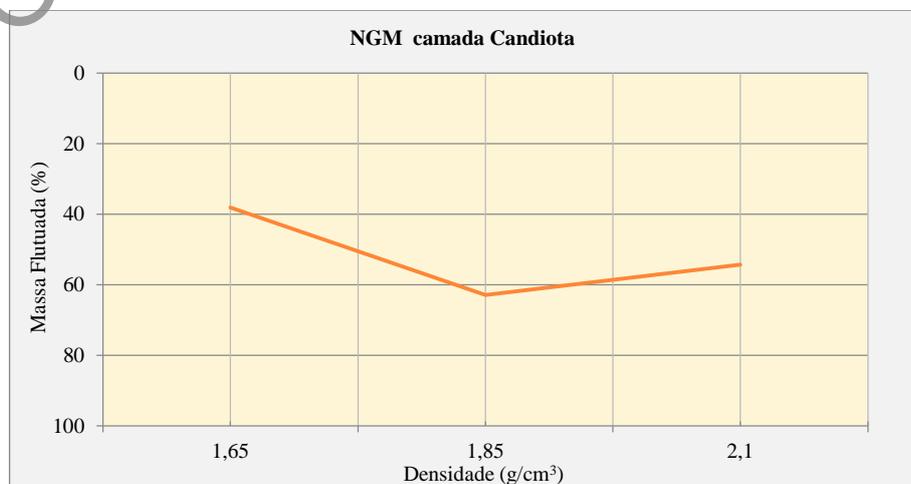
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 50% (Figura 82).

**Figura 82** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada Candiota).



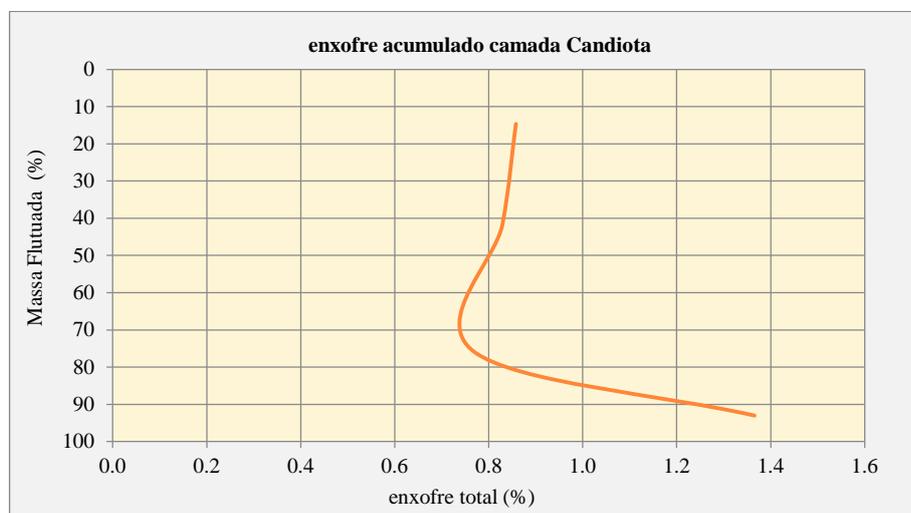
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 83).

**Figura 83** – Curva média NGM (camada Candiota).



A curva do enxofre apresenta redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado quando acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Esse enriquecimento acentuado aponta maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades. Dentre todas as camadas analisadas, esta é a que apresenta o menor teor de enxofre médio (Figura 84).

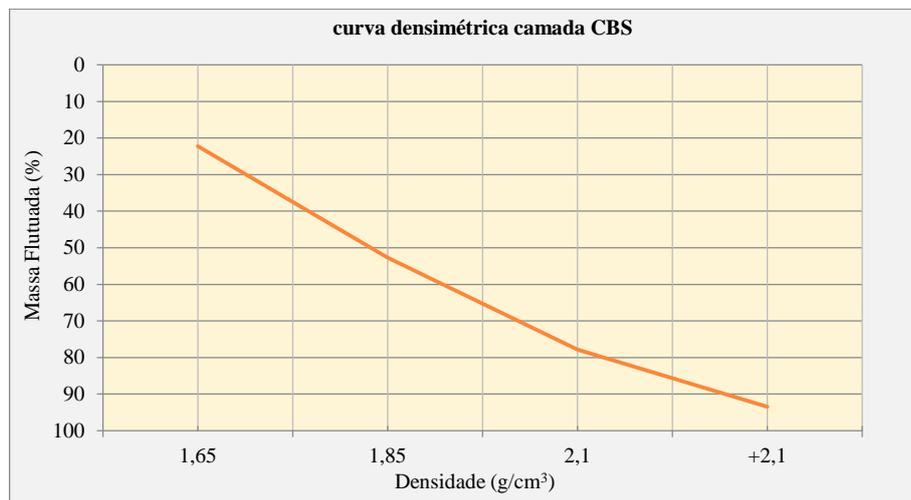
**Figura 84** – Curva média de enxofre acumulado (camada Candiota).



### 11.2.1.8 Camada CBS (Candiota Banco Superior)

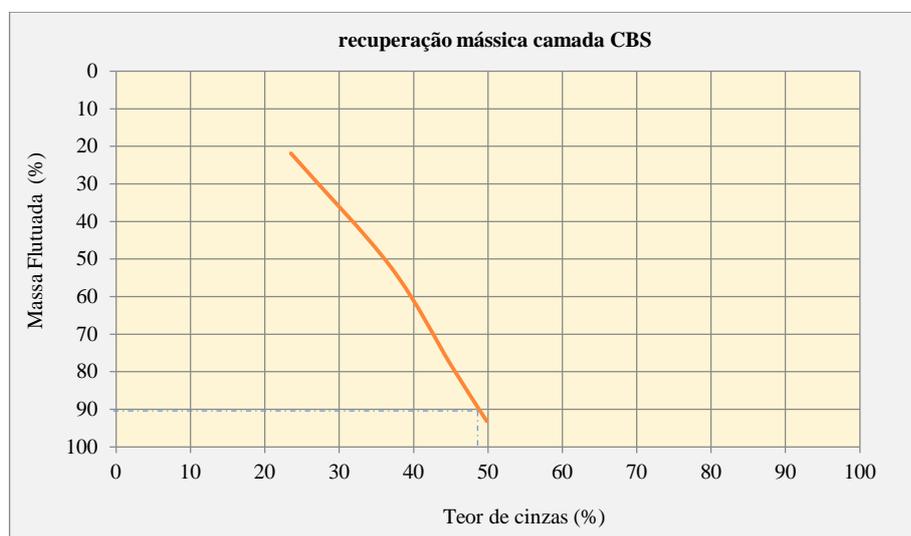
Assim como na camada Candiota como um todo, a curva média densimétrica na camada CBS apresenta baixa a razoável liberação de matéria carbonosa entre os intervalos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>, apesar de ter distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico (Figura 85).

**Figura 85** – Curva média densimétrica (camada CBS).



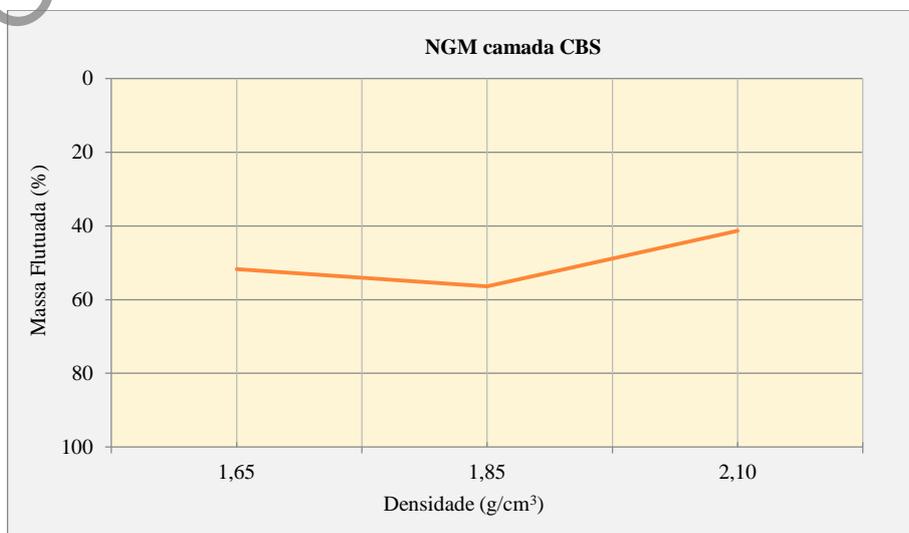
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 49% (Figura 86).

**Figura 86** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CBS).



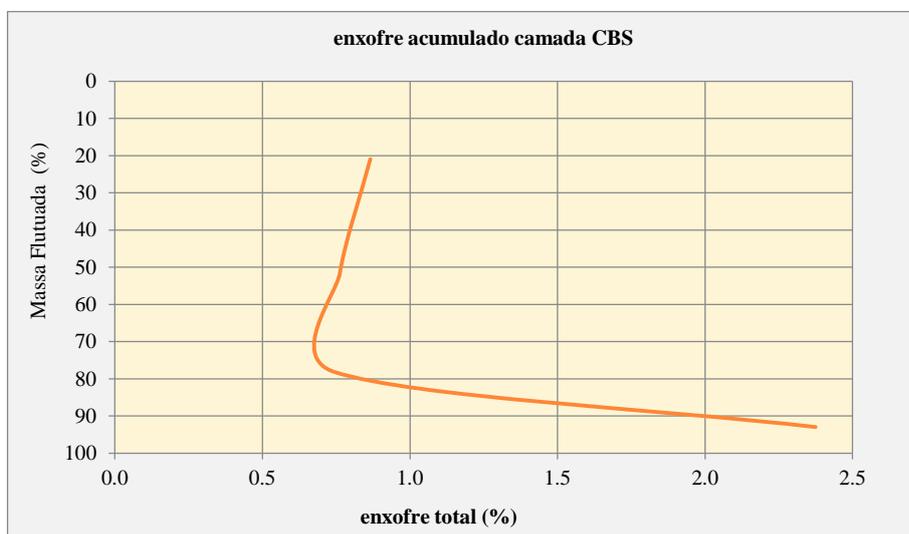
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 87).

**Figura 87** – Curva média NGM (camada CBS).



A curva do enxofre apresenta redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado quando acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Esse enriquecimento acentuado aponta maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 88).

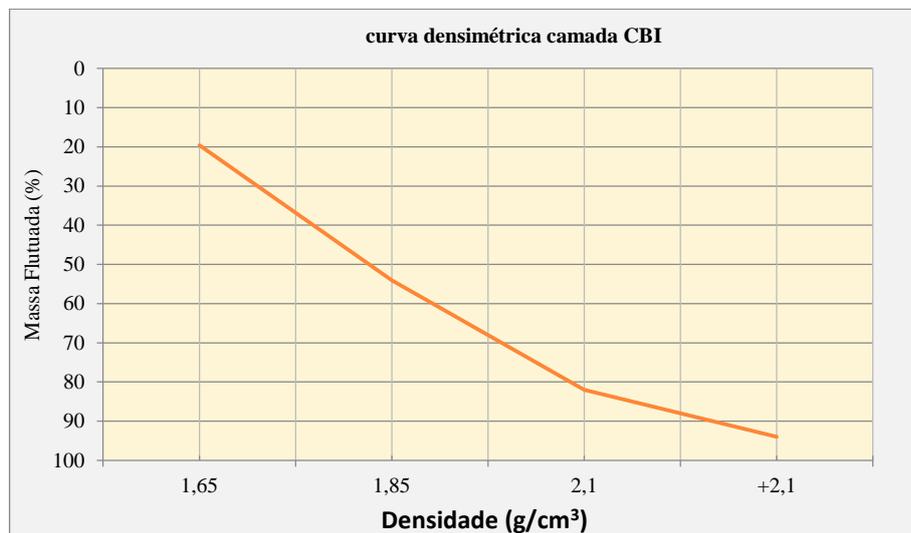
**Figura 88** – Curva média de enxofre acumulado (camada CBS).



### 11.2.1.9 Camada CBI (Candiota Banco Inferior)

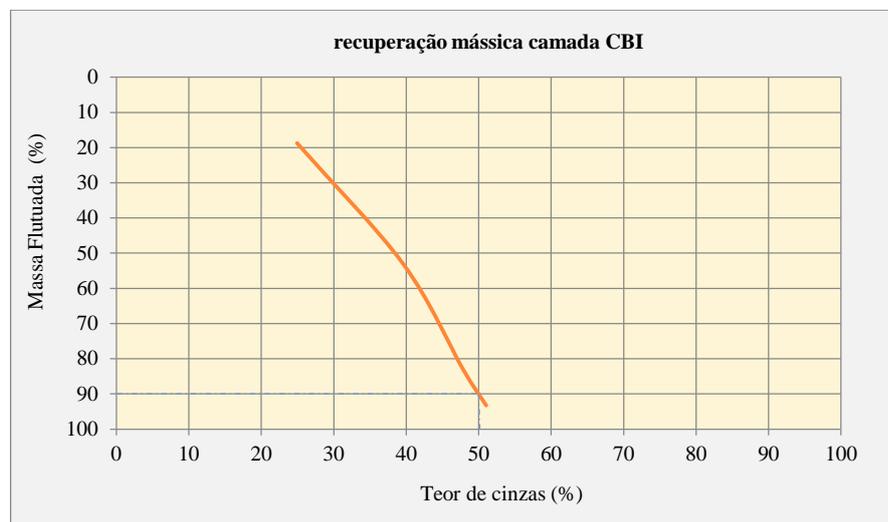
Essa camada apresenta comportamento bastante similar ao das camadas Candiota e CBS. A curva média densimétrica na camada CBI apresenta baixa liberação de matéria carbonosa entre os intervalos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>, ocorrendo melhor liberação após a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 89).

**Figura 89** – Curva média densimétrica (camada CBI).



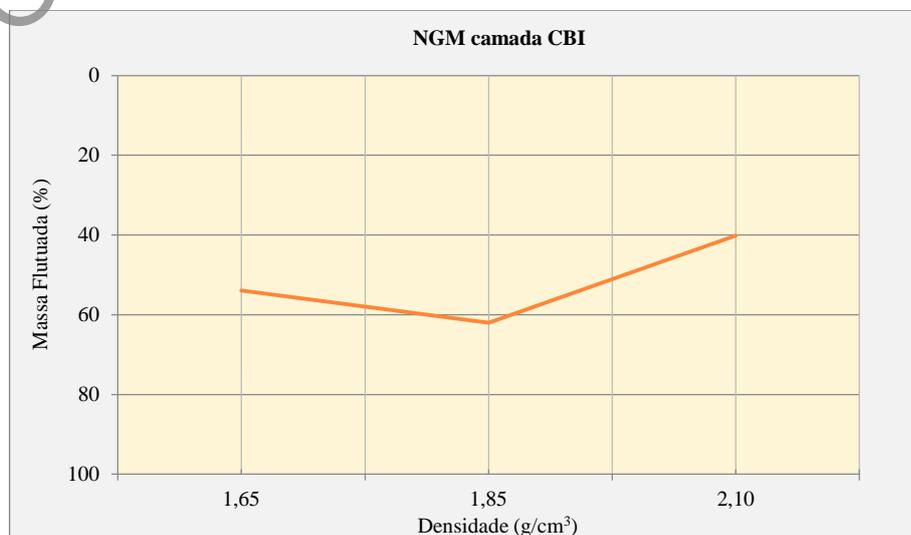
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 50% (Figura 90).

**Figura 90** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CBI).



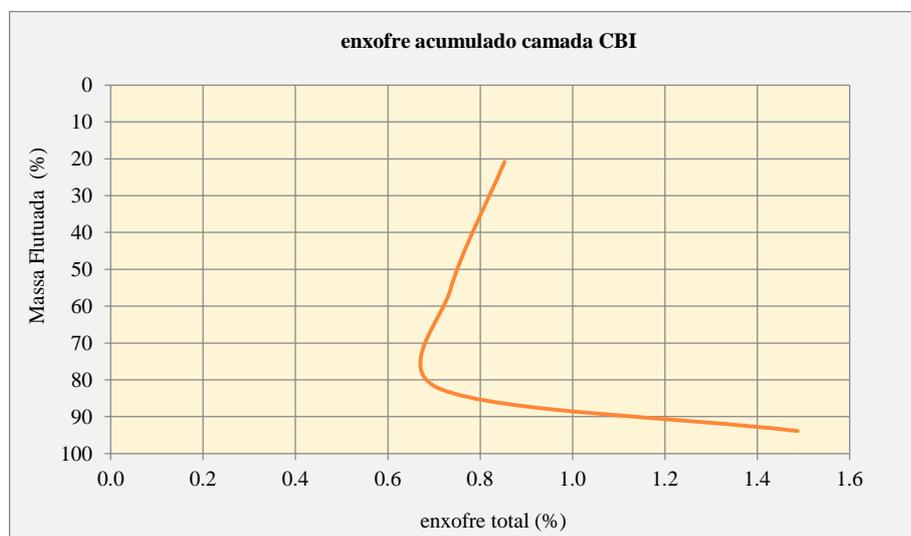
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 91).

**Figura 91** – Curva média NGM (camada CBI).



A curva do enxofre apresenta redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado quando acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Esse enriquecimento acentuado aponta maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 92).

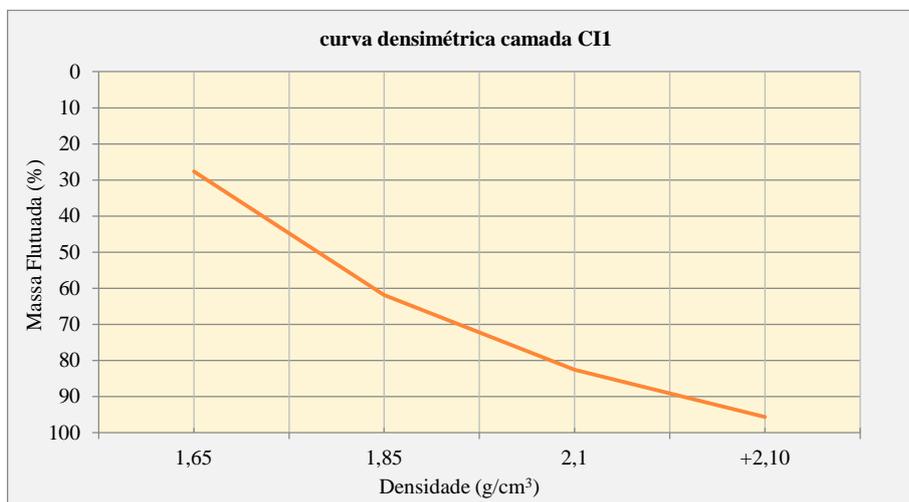
**Figura 92** – Curva média de enxofre acumulado (camada CBI).



### 11.2.1.10 Camada CI1

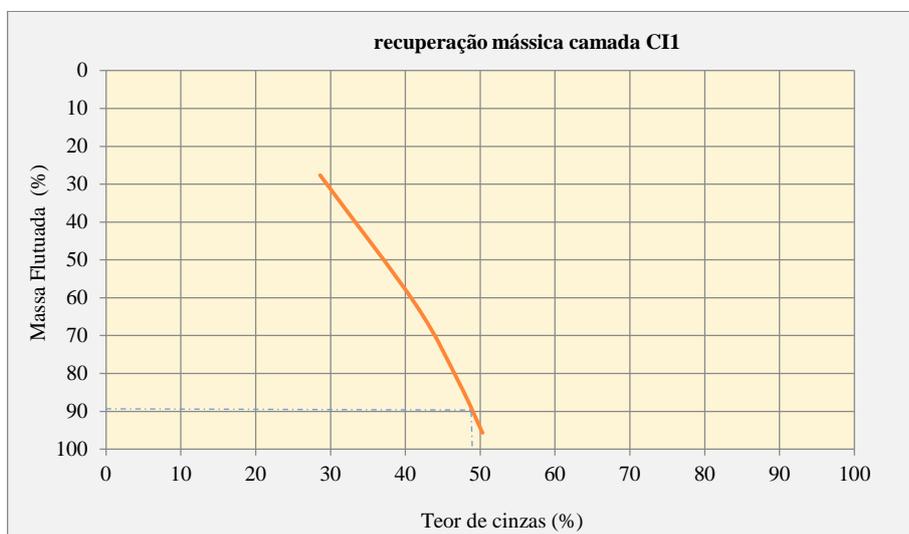
Observando a curva média densimétrica na camada CI1, verifica-se baixa liberação de matéria carbonosa entre os intervalos 1,65 e 1,85 g/cm<sup>3</sup>, com melhor liberação acima da densidade 1,85 g/cm<sup>3</sup> (Figura 93).

Figura 93 – Curva média densimétrica (camada CI1).



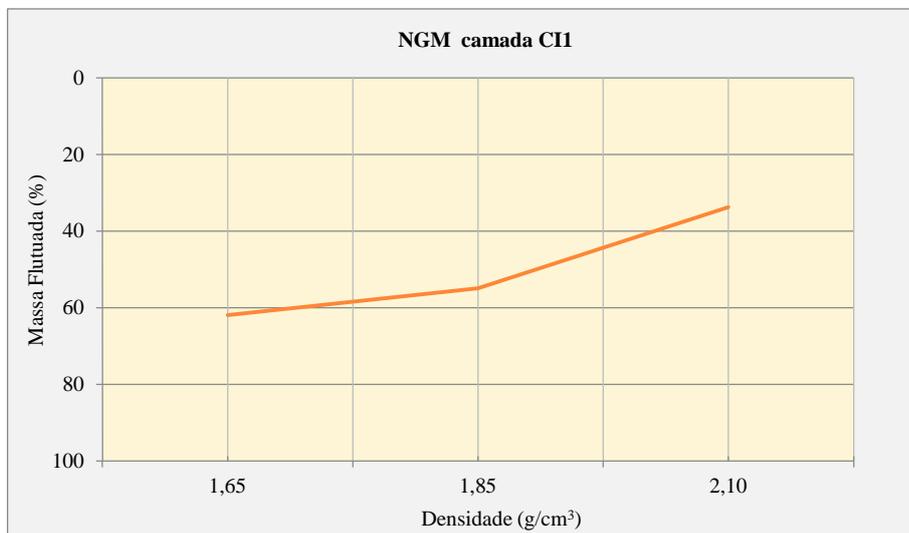
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 49% (Figura 94).

Figura 94 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI1).



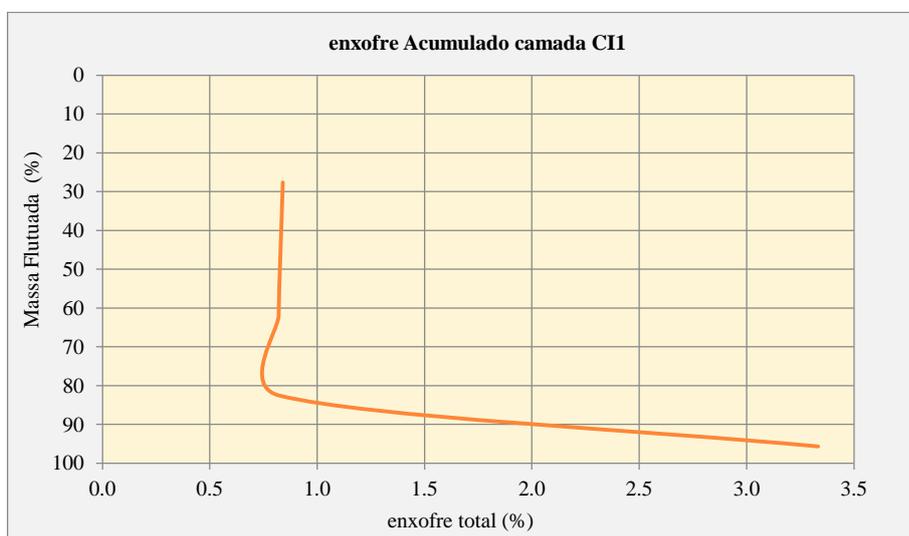
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Acima de 2,1 g/cm<sup>3</sup>, observa-se que os valores de NGM tendem a diminuir (Figura 95).

**Figura 95** – Curva média NGM (camada CI1).



A curva do enxofre permanece quase que constante em 0,8%, com pequena depleção durante o processo de beneficiamento entre os intervalos de 60 e 80% de massa flutuada, que representa uma densidade entre 1,85 e 2,0 g/cm<sup>3</sup>, com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica (Figura 96).

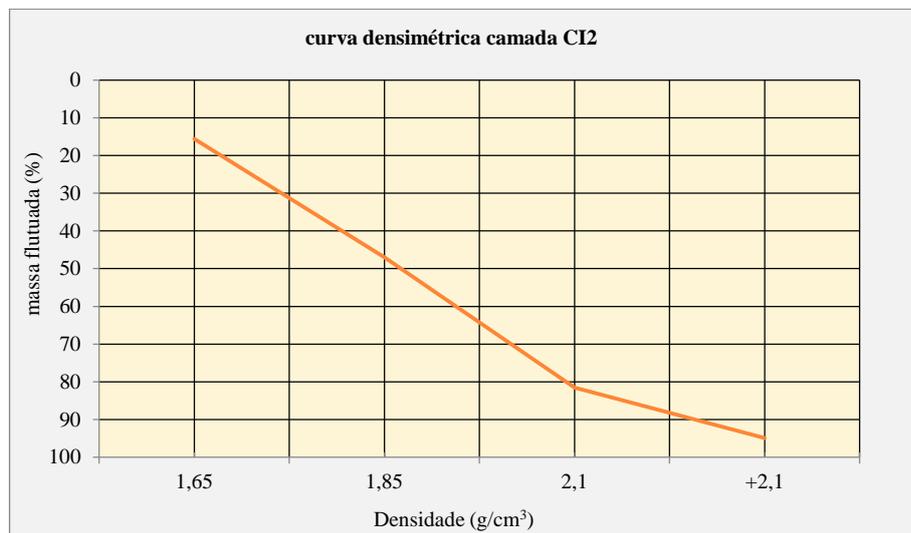
**Figura 96** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI1).



### 11.2.1.11 Camada CI2

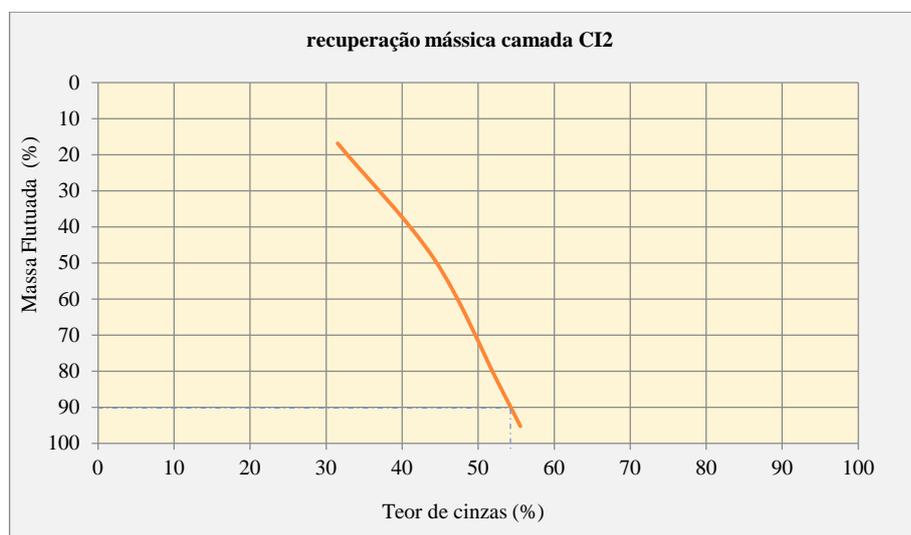
A curva densimétrica apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, mas com baixa a média liberação de matéria carbonosa entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, provavelmente há maior liberação de material orgânico (Figura 97).

**Figura 97** – Curva média densimétrica (camada CI2).



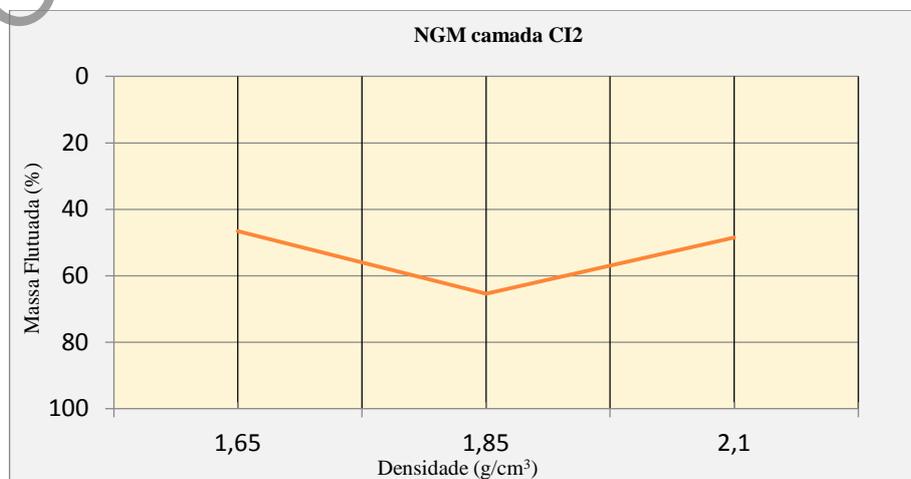
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 54% (Figura 98).

**Figura 98** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI2).



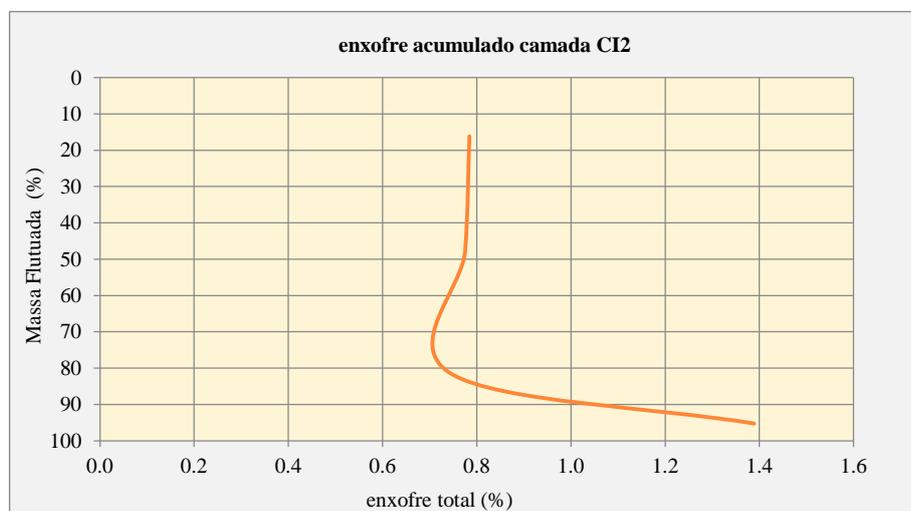
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 99).

**Figura 99** – Curva média NGM (camada CI2).



A curva do enxofre tem comportamento similar ao das demais camadas, com pequena redução do teor de enxofre acumulado no início do beneficiamento e enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 100).

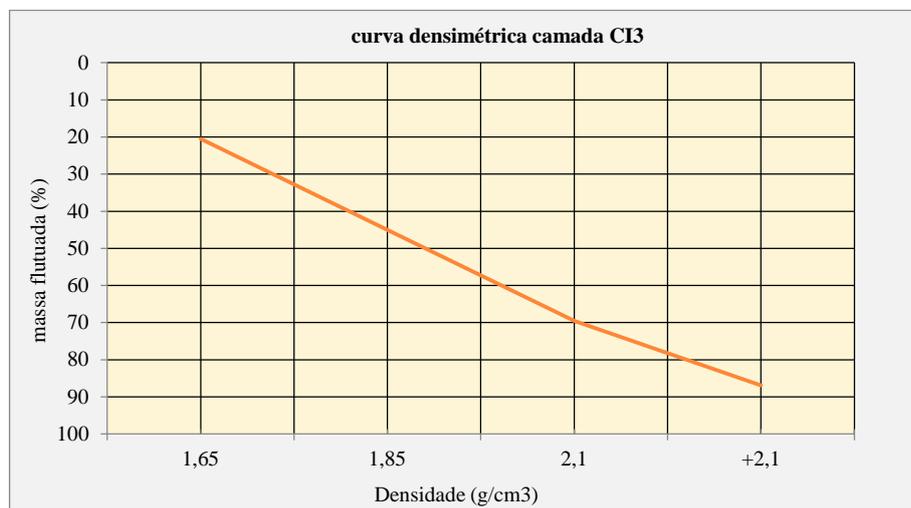
**Figura 100** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI2).



### 11.2.1.12 Camada CI3

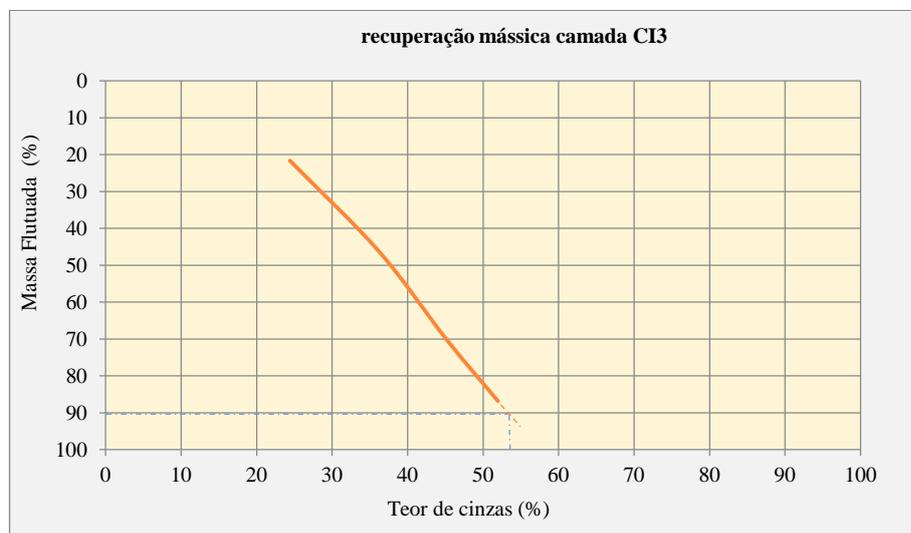
A curva média densimétrica apresenta distribuição homogênea ao longo do intervalo densimétrico, com razoável liberação de matéria carbonosa em todo o intervalo densimétrico analisado, com melhor liberação acima da densidade de 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 101).

Figura 101 – Curva média densimétrica (camada CI3).



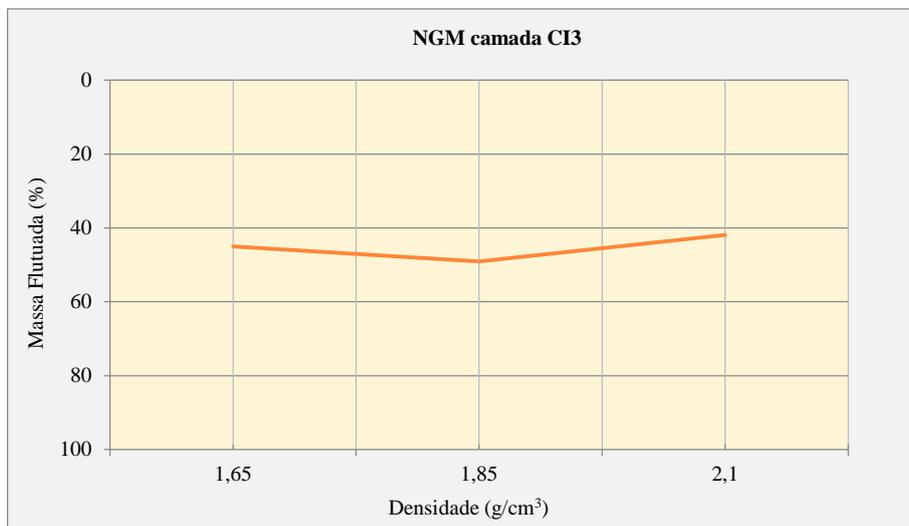
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 53% (Figura 102).

Figura 102 – Curva média fluídos x cinzas (rendimento) (camada CI3).



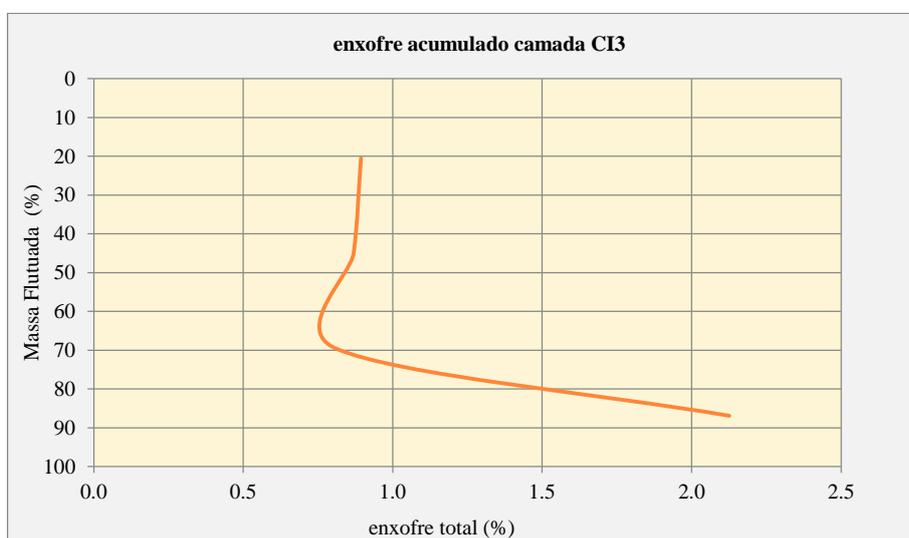
As curvas NGM apresentam valores acima de 25% e praticamente não se alteram com o aumento da densidade, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 103).

**Figura 103** – Curva média NGM (camada CI3).



A curva do enxofre permanece quase que constante em 0,8%, com pequena depleção durante o processo de beneficiamento, entre os intervalos de 50 e 70% de massa flutuada, com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 104).

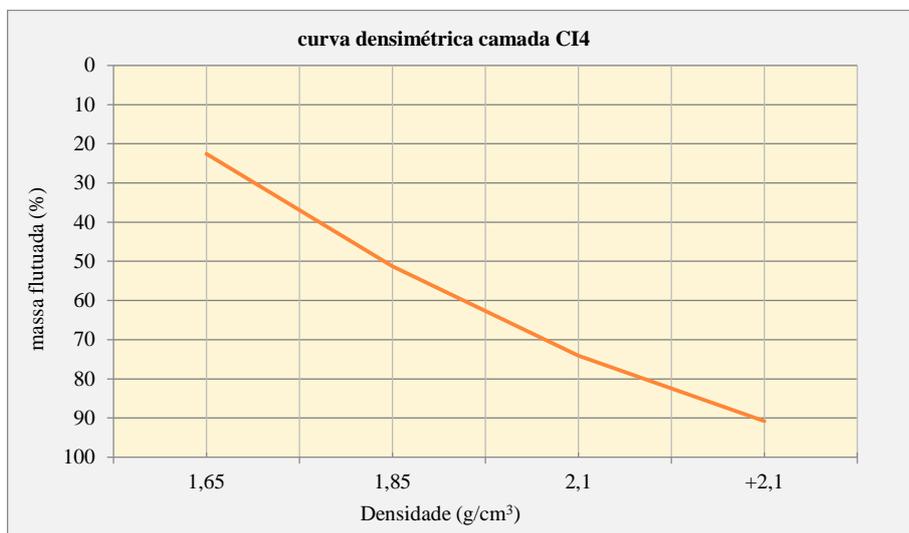
**Figura 104** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI3).



### 11.2.1.13 Camada CI4

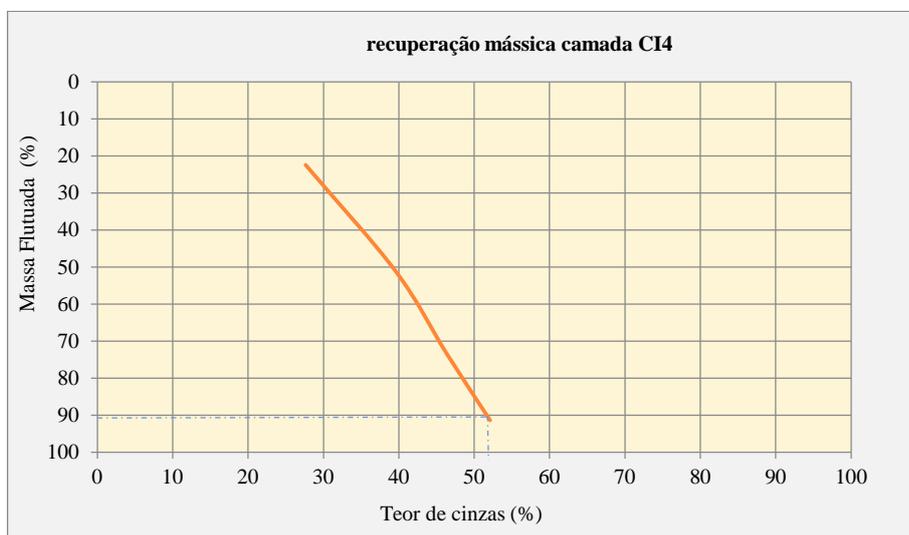
A curva média densimétrica na camada CI4 é bastante similar à da camada CI3, apresentando razoável liberação de matéria carbonosa em todo o intervalo densimétrico analisado, inclusive acima da densidade de 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 105).

**Figura 105** – Curva média densimétrica (camada CI4).



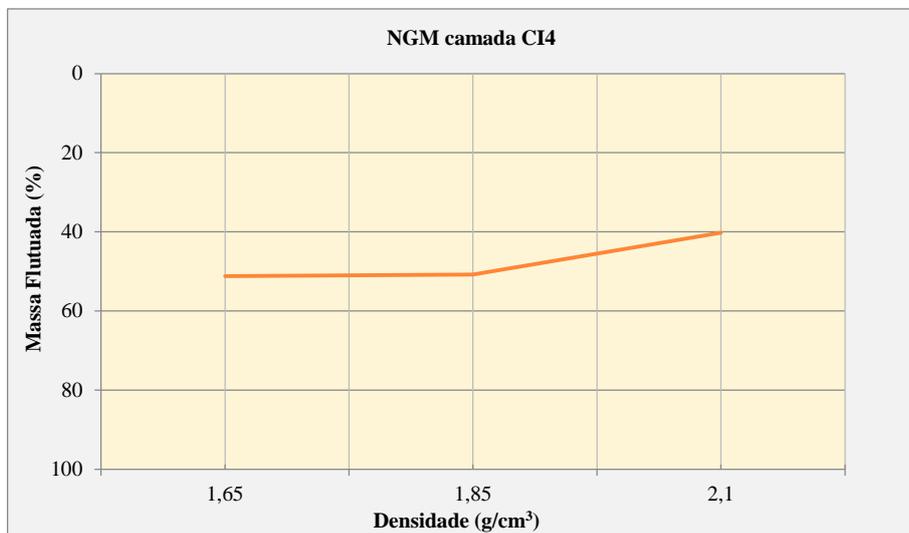
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 52% (Figura 106).

**Figura 106** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI4).



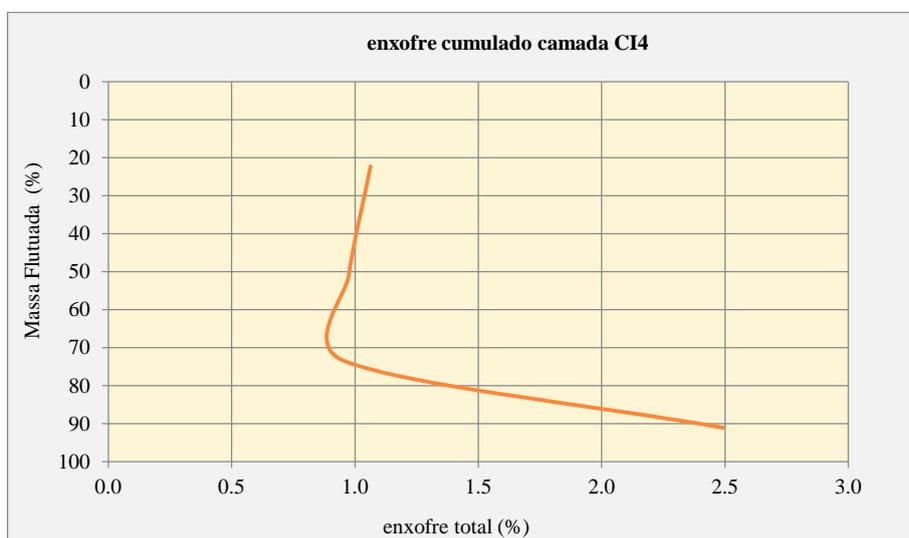
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, mas tendem a diminuir com o aumento da densidade (Figura 107).

**Figura 107** – Curva média NGM (camada CI4).



A curva do enxofre apresenta valores médios próximos a 1%, com pequena depleção durante o processo de beneficiamento entre os intervalos de 50 e 70% de massa flutuada, com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 108).

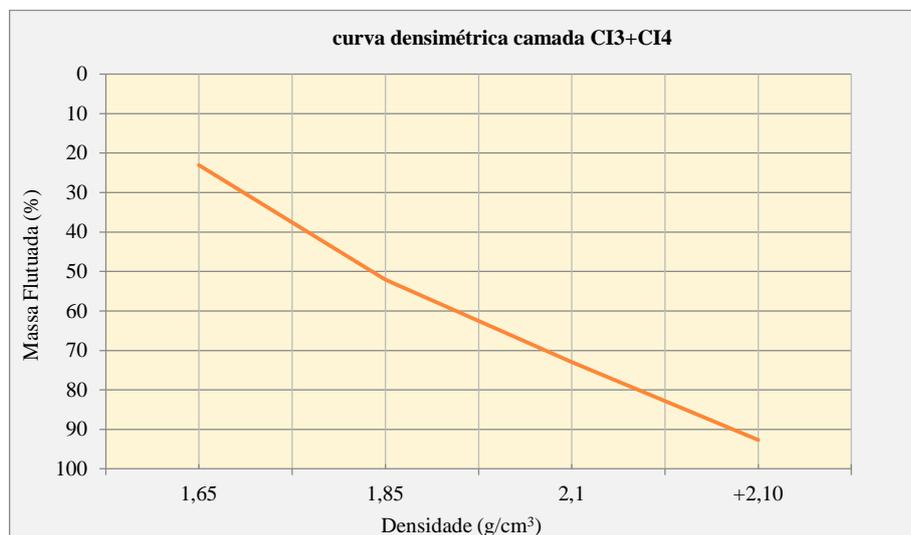
**Figura 108** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI4).



#### 11.2.1.14 Camada CI3CI4

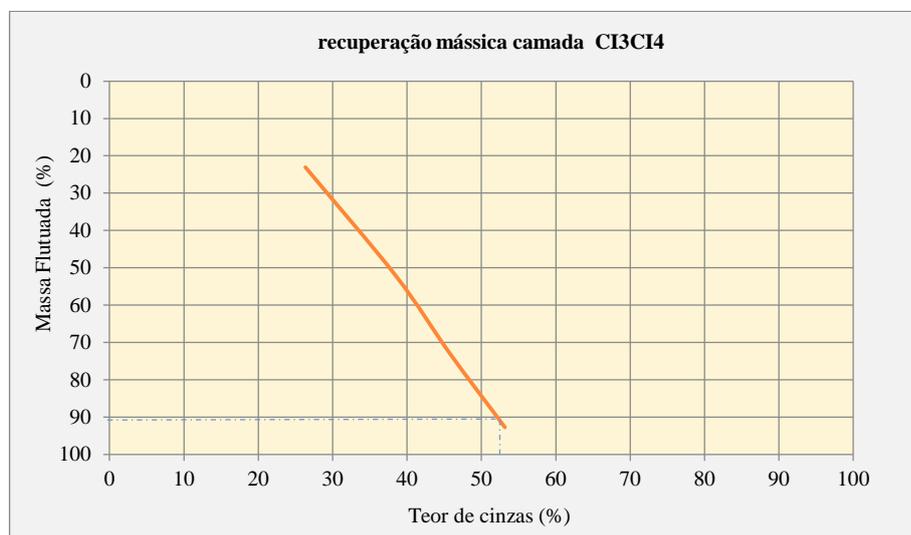
O comportamento das curvas dessa camada é bastante próximo ao das camadas CI3 e CI4, onde a curva densimétrica indica apenas razoável liberação de matéria carbonosa (Figura 109).

Figura 109 – Curva média densimétrica (camada CI3CI4).



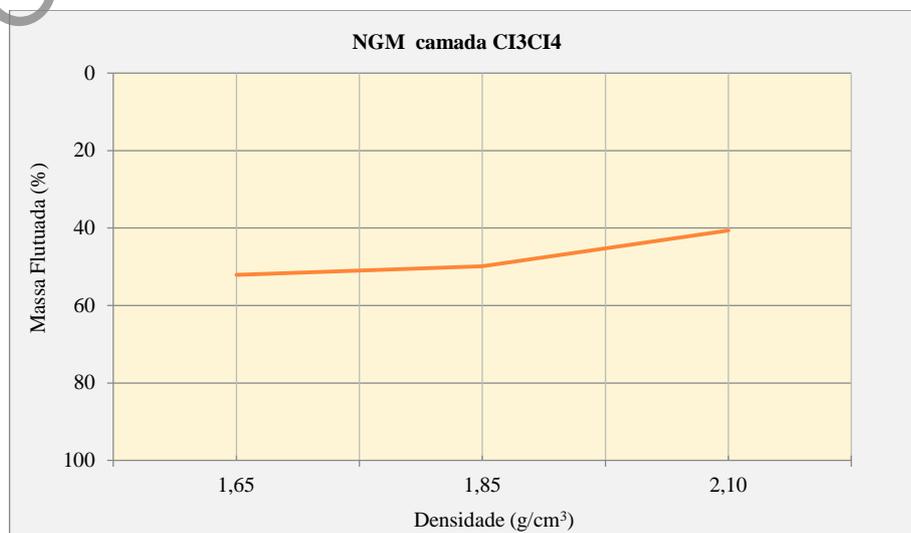
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 52% (Figura 110).

Figura 110 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI3CI4).



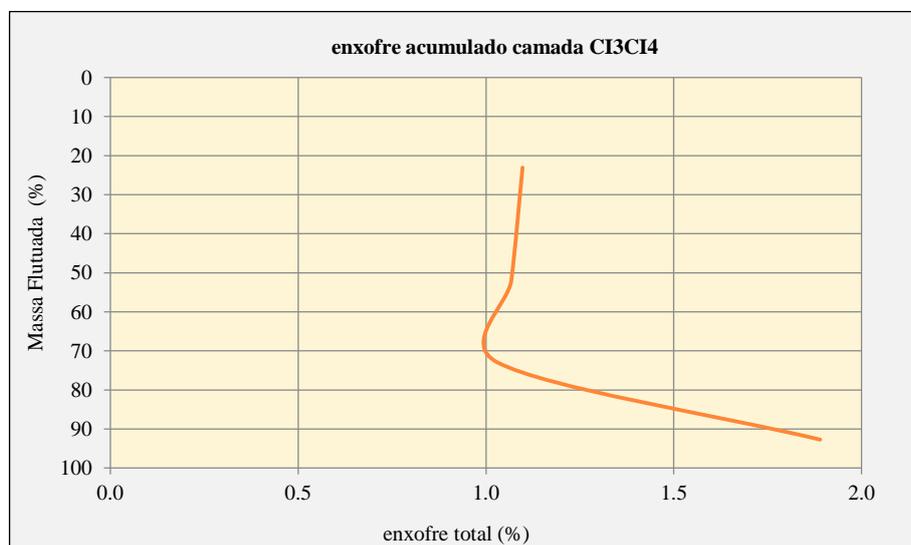
O NGM apresenta valores acima de 25%, apontando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 111).

**Figura 111** – Curva média NGM (camada CI3CI4).



A curva do enxofre apresenta valores médios pouco acima de 1%, com pequena depleção durante o processo de beneficiamento entre os intervalos de 50 e 70% de massa flutuada, com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, indicando maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 112).

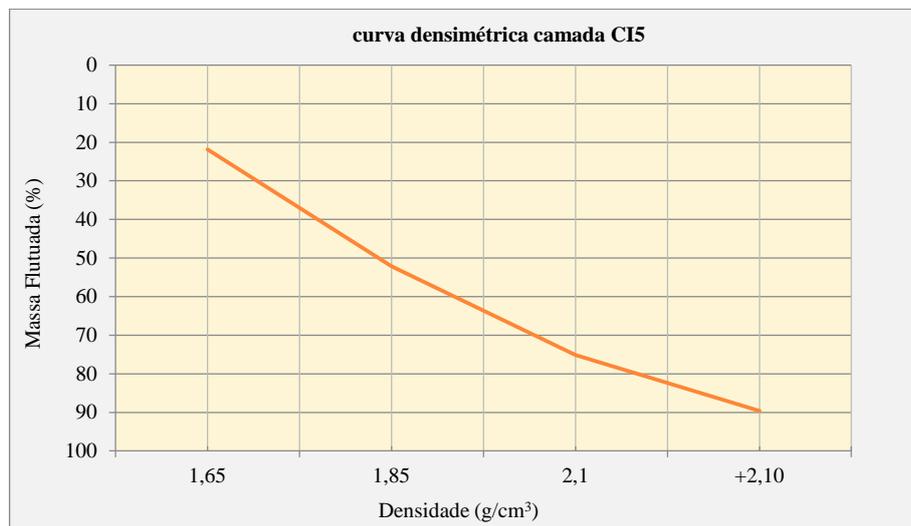
**Figura 112** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI3CI4).



### 11.2.1.15 Camada CI5

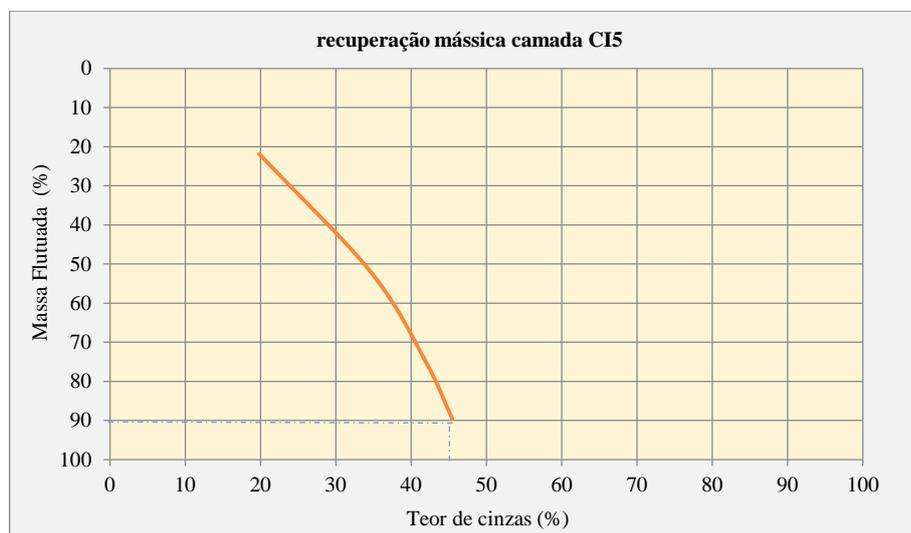
A curva média densimétrica na camada CI5 apresenta distribuição homogênea ao longo de todo o intervalo densimétrico, mas tem baixa a média liberação de matéria carbonosa entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>; entretanto, tende a apresentar melhor liberação acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 113).

**Figura 113** – Curva média densimétrica (camada CI5).



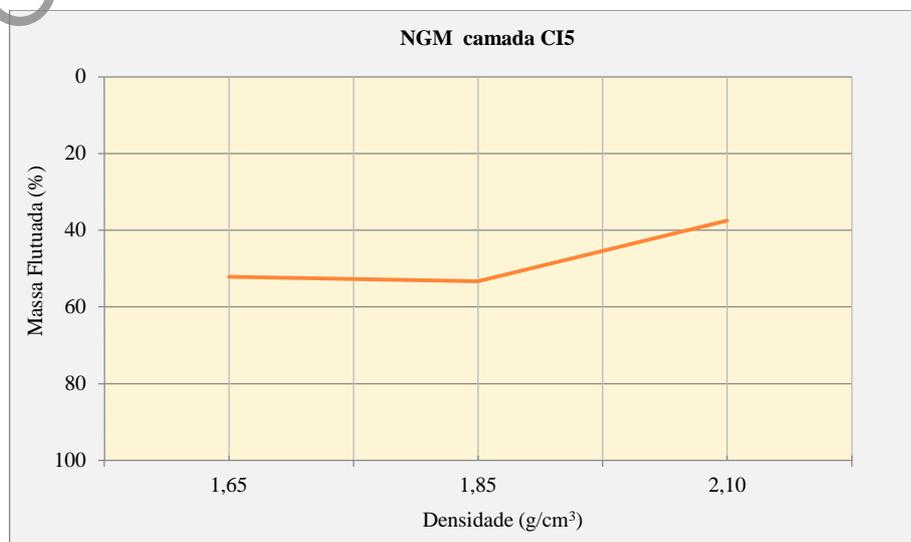
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas é de aproximadamente 45% (Figura 114).

**Figura 114** – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI5).



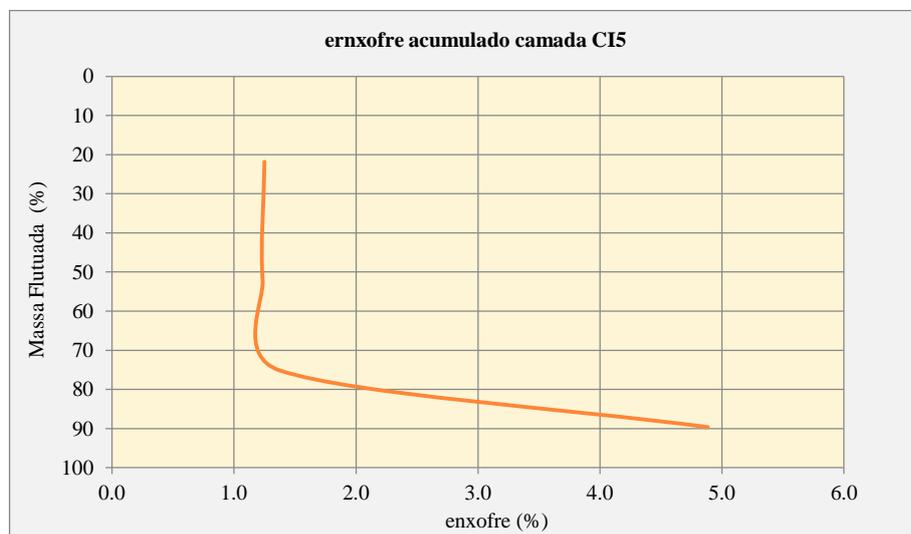
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 115).

**Figura 115** – Curva média NGM (camada CI5).



A curva do enxofre se apresenta praticamente constante, com valores médios próximos a 1,1%, mas com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, atingindo teor próximo a 5% no enxofre total. Esse enriquecimento acentuado aponta maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 116).

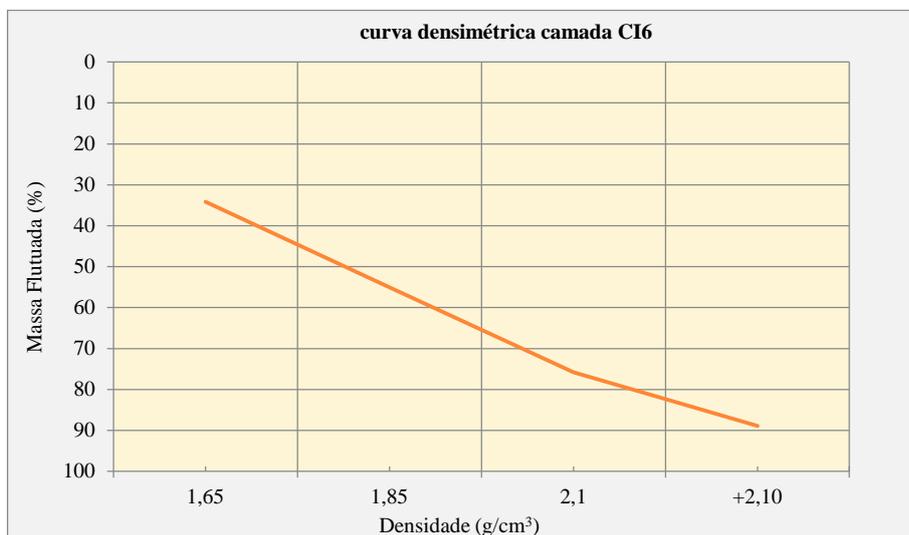
**Figura 116** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI5).



### 11.2.1.16 Camada CI6

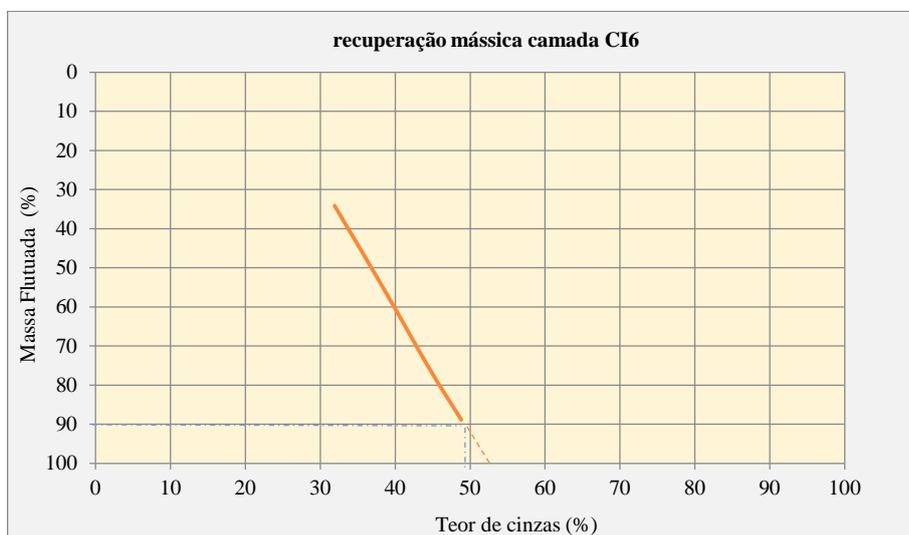
A curva densimétrica da camada CI6 indica razoável liberação de matéria carbonosa entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>; entretanto, apresenta melhor liberação acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 117).

Figura 117 – Curva média densimétrica (camada CI6).



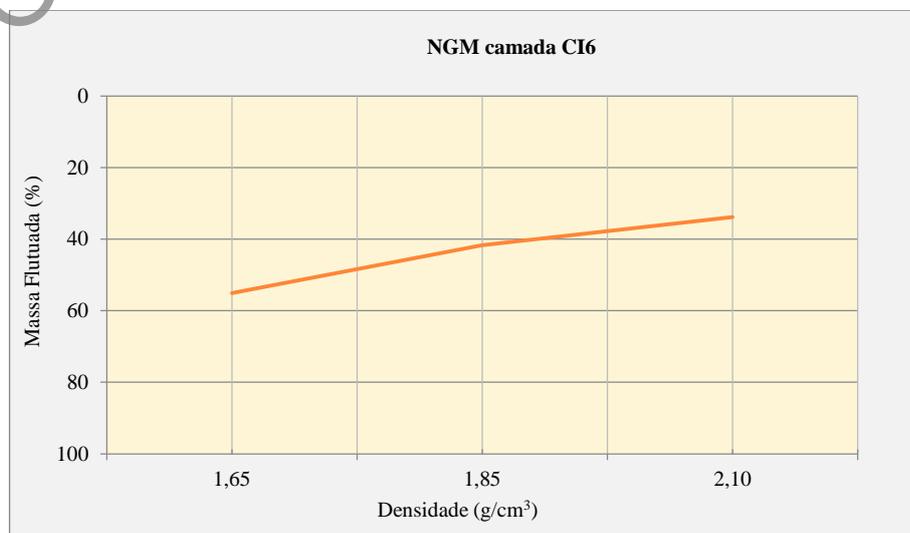
Quanto à recuperação mássica que essa camada pode oferecer, os ensaios indicam que, para um rendimento de 90%, o teor de cinzas ficaria em torno de 49,5% (Figura 118).

Figura 118 – Curva média flutuados x cinzas (rendimento) (camada CI6).



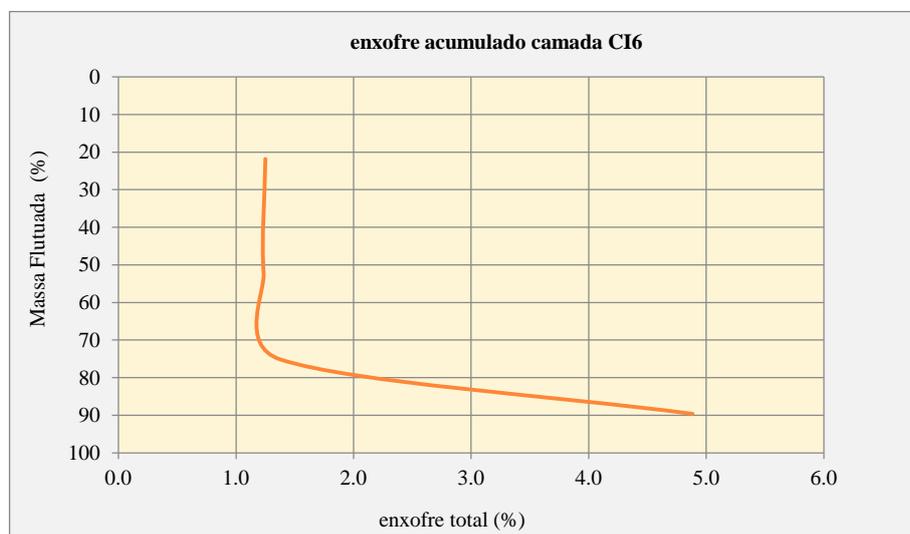
As curvas NGM apresentam valores acima de 25%, indicando grande dificuldade de beneficiar esses carvões até a densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup> (Figura 119).

**Figura 119** – Curva média NGM (camada CI6).



A curva do enxofre tem comportamento similar ao da camada CI5, com valores médios próximos a 1,1%, mas com enriquecimento acentuado acima da densidade 2,1 g/cm<sup>3</sup>, atingindo teor próximo a 5% no enxofre total. Esse enriquecimento acentuado aponta maior concentração de enxofre na forma pirítica nessas densidades (Figura 120).

**Figura 120** – Curva média de enxofre acumulado (camada CI6).

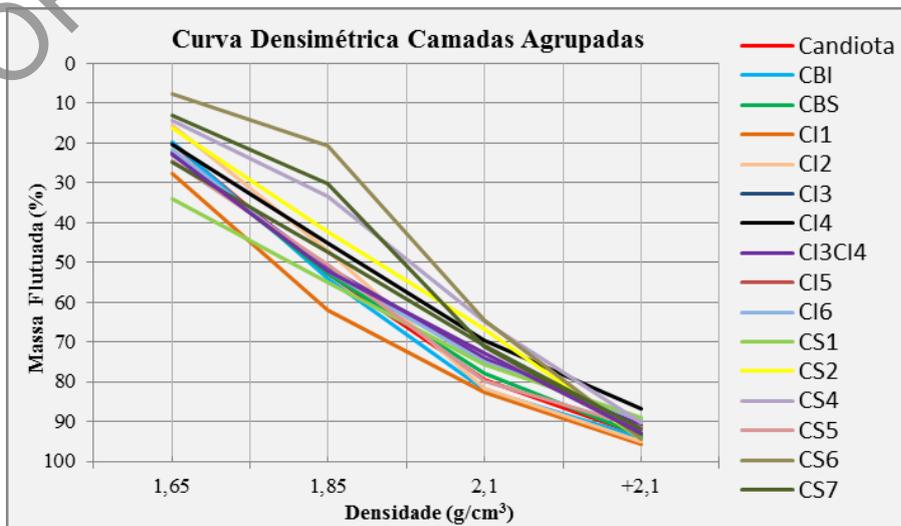


#### 11.2.1.17 Camadas agrupadas

Quando se agrupam todas as camadas analisadas, obtém-se a interpretação global do comportamento dos carvões do depósito de Candiota.

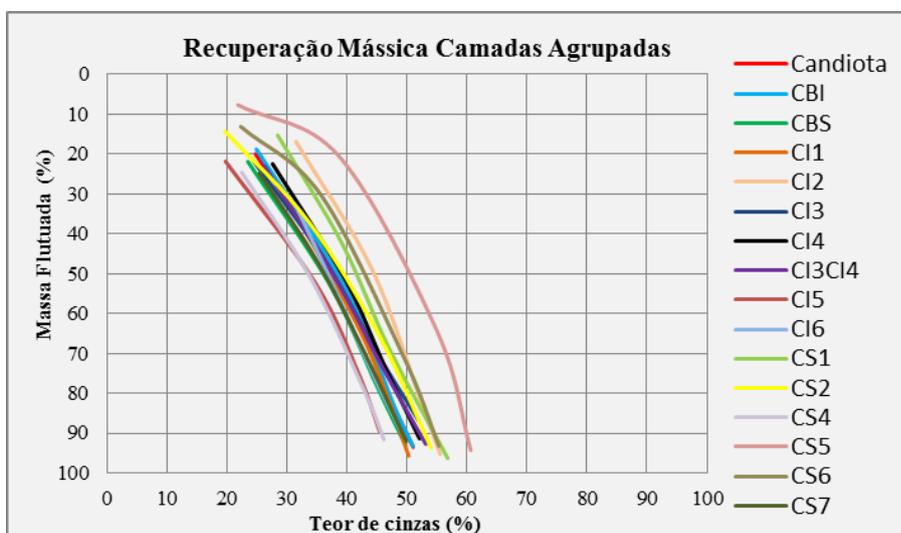
Quanto às curvas médias densimétricas (Figura 121), analisadas para determinada faixa granulométrica (-3,175 mm +0,074 mm), observa-se que a maioria das camadas apresenta apenas razoável liberação de matéria carbonosa entre as densidades 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>, ainda que a distribuição do material ao longo de todo o intervalo densimétrico seja homogênea na maioria das camadas.

**Figura 121** – Curvas médias densimétricas das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6.



Quanto às curvas de recuperação mássica médias projetadas, o resultado é bastante variável para os teores de cinzas desse carvão. Para obter um produto com 90% de rendimento, os teores de cinzas que apresentaram menores teores foram os das camadas CI5 e CS4, com 45 e 46%, respectivamente, e o maior foi para a camada CS5 (Figura 122; Quadro 12).

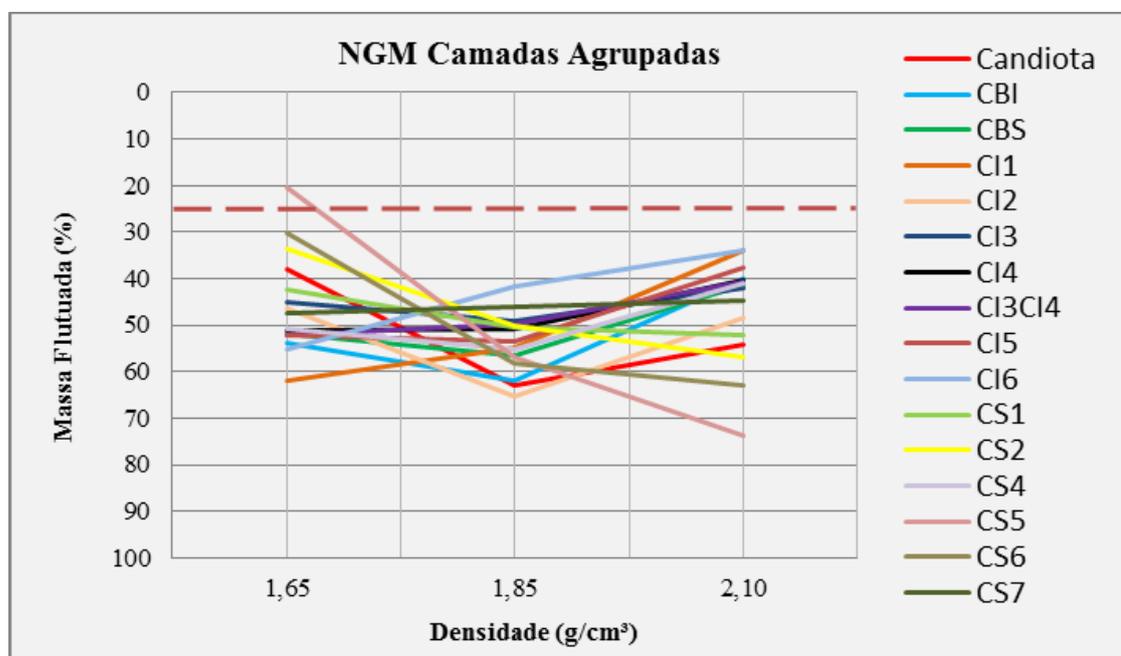
**Figura 122** – Curvas médias de recuperação mássica das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6.



**Quadro 12 – Projeção dos teores de cinzas para 90% de rendimento**

Camadas	Teor de Cinzas (%)
CS7	50
CS6	54
CS5	60
S4	46
CS2	52
CS1	54
CBS	49
Candiota	50
CBI	50
CI1	49
CI2	54
CI3	53
CI4	52
CI3CI4	52
CI5	45
CI6	49,5

Quanto à análise de NGM (Figura 123), na granulometria  $-3,175 \text{ mm} +0,074 \text{ mm}$  as camadas apresentam comportamento variável e valores médios maiores do que 25%, o que significa extrema dificuldade em beneficiar esse carvão entre o intervalo densimétrico 1,65 e 2,1  $\text{g/cm}^3$ .

**Figura 123 –** Curvas médias de NGM das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6.

De acordo com Sampaio e Tavares (2005), partículas com densidades muito próximas à densidade de separação apresentam maior probabilidade de reportar ao produto impróprio, causando contaminação do produto flutuado por partículas densas e vice-versa (Quadro 13).

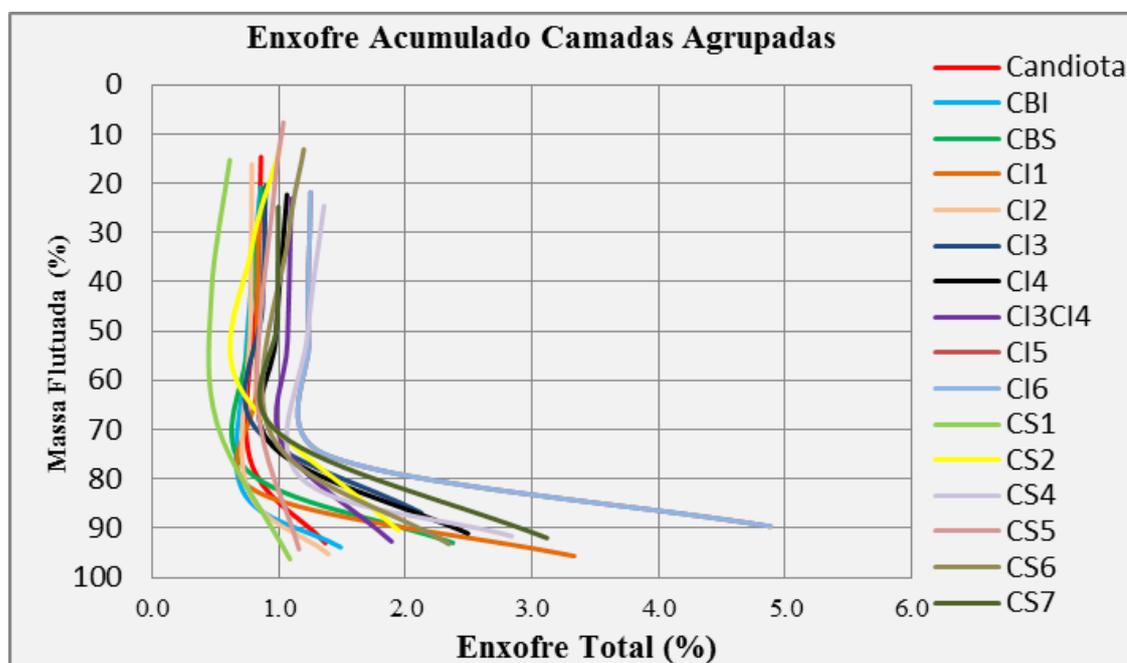
**Quadro 13** – Aplicabilidade de processos de separação densimétrica

NGM (%)	Grau de Dificuldade	Processo Gravimétrico	Tipo
Distribuição ( $0,1 \text{ g/cm}^3$ )	Esperado	Recomendado	
0 - 7	Simple	Quase qualquer processo a altas taxas de alimentação	Separação em meio denso, jiges, calhas, cones, mesas, espirais
7 - 10	Relativamente simples	Processo eficiente a altas taxas de alimentação	
10 - 15	Moderadamente difícil	Processo eficiente	
15 - 25	Difícil	Processo de meio denso	Separação em meio denso
> 25	<b>Extremamente difícil</b>	Processos de meio denso com estrito controle da densidade do meio	Separação em meio denso com controle estrito da densidade do meio

Fonte: FERREIRA, 2012.

Em relação ao enxofre acumulado, a maioria das camadas apresenta pequena redução do teor de enxofre total à medida que a densidade aumenta, mostrando enriquecimento acentuado acima da densidade  $2,1 \text{ g/cm}^3$ , chegando a teores próximos a 5%, como observado na camada CI6. No aspecto geral, o teor de enxofre oscila entre 0,8 e 1,3%. A redução do teor de enxofre total está relacionada à quantidade de matéria orgânica, que diminui à medida que a densidade aumenta. Isso ocorre provavelmente pela presença de enxofre orgânico na estrutura do carvão, influenciando no enxofre total. Já o enriquecimento de enxofre nas frações mais densas está relacionado às frações inorgânicas que ocorrem na forma de pirita (Figura 124).

**Figura 124** – Curvas médias de enxofre acumulado das camadas CS7, CS6, CS5, CS4, CS2, CS1, Candiota, CBS, CBI, CI1, CI2, CI3, CI4, CI3CI4, CI5 e CI6.



### 11.2.2 Considerações preliminares

De acordo com as normas da American Society for Testing and Materials (ASTM), as características físico-químicas (Reflectância da Vitrinita ( $R_{\text{randon}}\%$ ), Matéria Volátil (Dry

Ash Free – DAF / base livre de cinzas secas), Carbono Fixo (DAF) e Poder Calorífico (cal/g DAF)), os carvões do depósito de Candiota podem ser classificados como Sub-Betuminosos A a Carvão Betuminoso Alto Volátil C.

As curvas de fluviados x teor de cinzas apontam que as camadas que apresentam menores teores de cinzas para rendimento de 90% são as camadas CI5 (45%) e CS4 (46%), seguidas das camadas CBS (49%), CI1 (49%), CBI e Candiota (50%). No aspecto geral, de acordo com as curvas densimétricas, pode-se afirmar que os carvões de Candiota apresentam apenas razoável liberação de matéria carbonosa durante o processo de beneficiamento, apresentando as melhores liberações acima da densidade 2,0 g/cm<sup>3</sup>. As curvas NGM projetadas corroboram essa assertiva, pois apresentam, em média, valores > 25%, indicando dificuldade de beneficiar esses carvões entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>.

A ampla geração de partículas finas e a baixa liberação de matéria carbonosa (carvões altamente friáveis e porosos) estão provavelmente associadas ao intercrescimento entre a matéria orgânica geradora (biomassa composta à base de vegetação herbáceo-arbustiva) e a matéria inerte (cinzas).

Os altos teores de enxofre presentes em algumas camadas são justificados pela influência das marés no rompimento das barreiras com o ingresso de água marinha no sistema deposicional principal (barreira/laguna).

Atualmente, os carvões da jazida de Candiota são utilizados essencialmente na alimentação de usinas termelétricas, pois são altamente reativos e ideais para queima. Conforme dados técnicos da CRM, a Usina Termelétrica Presidente Médici pode operar com até 53% de cinzas e 2% de enxofre total.

Devido ao grande volume de carvão ainda não lavrado, não se descarta a utilização na indústria carboquímica e em processos de gaseificação, pois, em geral, apresentam maior eficiência e menor emissão de gases poluentes, ainda que o custo seja mais elevado. Dentre os produtos gerados estão produtos químicos (amônia e ureia), combustíveis líquidos sintéticos (metanol), combustíveis gasosos (metano) ou para uso direto como fonte de energia na forma de gás para síntese (syngas). A conversão do gás de síntese em hidrocarbonetos permite a produção de praticamente todos os combustíveis que atualmente são produzidos a partir do petróleo.

De modo geral, os estudos apontam que a gaseificação possui algumas vantagens em relação à geração termelétrica tradicional, uma vez que aumenta a eficiência de conversão em energia elétrica e permite melhor aproveitamento de subprodutos.

## 12 ANÁLISE ECONÔMICA

### 12.1 Aspectos Mercadológicos do Carvão

O carvão mineral é um recurso energético com reservas mundiais significativas e vem sendo utilizado pelo homem como fonte de energia mais do que qualquer outro combustível fóssil. Atualmente, mais de 40% da energia elétrica mundial são produzidos a partir do carvão. Ademais, o carvão mineral é amplamente utilizado na metalurgia (aço e alumínio), na indústria do cimento e na produção de combustíveis líquidos.

#### 12.1.1 Panorama mundial

Segundo a estatística anual da energia mundial elaborada por British Petroleum (2016), as reservas globais provadas de carvão totalizam quase 900 bilhões de toneladas, sendo os EUA o detentor da maior reserva, com mais de 237 bilhões de toneladas (Tabela 27). As reservas brasileiras correspondem a 0,7% das reservas mundiais, posicionando o país na 14ª colocação.

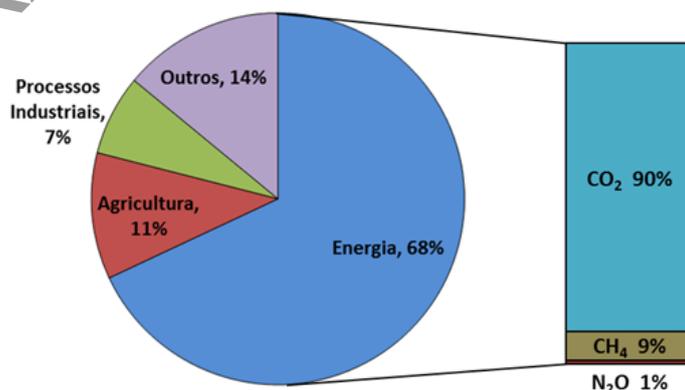
**Tabela 27 – Reservas totais provadas até o final de 2015**

Países	Antracito e Betuminoso (Mt)	Sub-Betuminoso e Linhito (Mt)	Total (Mt)	(%)
EUA	108.501	128.794	237.295	26,6
Canadá	3.474	3.108	6.582	0,7
<b>Total América do Norte</b>	<b>112.835</b>	<b>132.253</b>	<b>245.088</b>	<b>27,5</b>
<b>Brasil</b>	<b>-</b>	<b>6.630</b>	<b>6.630</b>	<b>0,7</b>
Colômbia	6.746	-	6.746	0,8
<b>Total América do Sul e Central</b>	<b>7.282</b>	<b>7.359</b>	<b>14.641</b>	<b>1,6</b>
Alemanha	48	40.500	40.548	4,5
Cazaquistão	21.500	12.100	33.600	3,8
Rússia	49.088	107.922	157.010	17,6
Sérvia	1	13.410	13.411	1,5
Turquia	322	8.380	8.702	1,0
Ucrânia	15.351	18.522	33.873	3,8
<b>Total Europa e Eurásia</b>	<b>92.557</b>	<b>217.981</b>	<b>310.538</b>	<b>34,8</b>
África do Sul	30.156	-	30.156	3,4
<b>Total África e Oriente Médio</b>	<b>32.722</b>	<b>214</b>	<b>32.936</b>	<b>3,7</b>
Austrália	37.100	39.300	76.400	8,6
China	62.200	52.300	114.500	12,8
Índia	56.100	4.500	60.600	6,8
Indonésia	-	28.017	28.017	3,1
<b>Total Ásia e Pacífico</b>	<b>157.803</b>	<b>130.525</b>	<b>288.328</b>	<b>32,3</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>403.199</b>	<b>484.473</b>	<b>891.531</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2016.

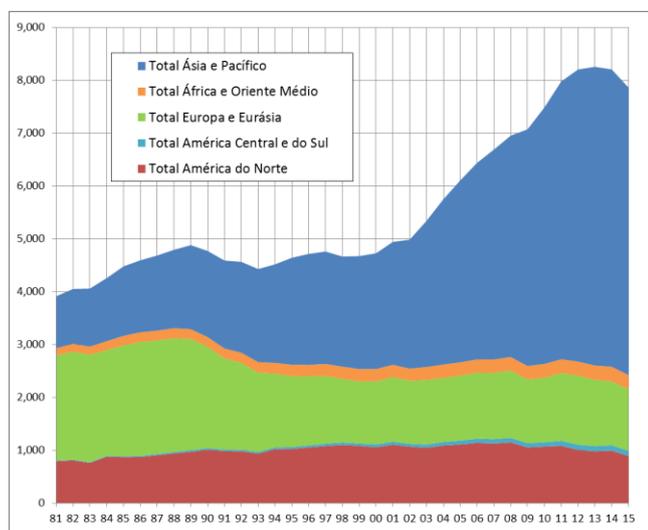
Historicamente, os preços do carvão sempre foram mais baixos e estáveis se comparados aos preços de petróleo e gás. Esse fator, somado à abundância e à facilidade de transporte e armazenamento, tornou esse recurso muito popular em todo o mundo. No entanto, atualmente existe uma política global de sustentabilidade e redução das emissões de CO<sub>2</sub> (ONUBR, 2015), o que aumenta a busca por fontes energéticas renováveis, já que, segundo IEA (2016a), 68% das emissões de gases de efeito estufa são atribuídos à produção de energia (Figura 125). Entretanto, o declínio do crescimento econômico da China, juntamente com a mudança estrutural de sua economia, o advento do shale gas nos EUA e o excesso de oferta são os fatores que mais contribuíram para que a produção de carvão diminuísse drasticamente em 2015 (Figura 126).

**Figura 125** – Estimativa das fontes antrópicas de emissão de gases de efeito estufa.



Fonte: Adaptado de IEA, 2016a.

**Figura 126** – Evolução da produção de carvão mineral (Mt) de 1981 a 2015 por região.



Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2016.

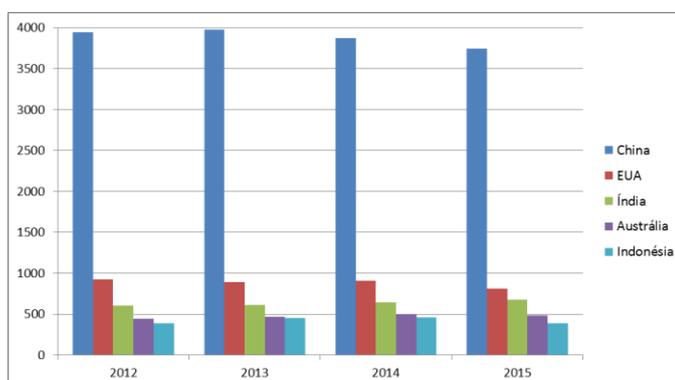
Em 2015, a produção mundial de carvão foi de 7,8 bilhões de toneladas, e a China produziu quase metade desse montante (Tabela 28). Os cinco maiores produtores são, respectivamente: China, EUA, Índia, Austrália e Indonésia (Figura 127).

**Tabela 28** – Produção de carvão mineral (10<sup>6</sup> t) dos principais países entre 2012 e 2015

Países	2012*	2013*	2014*	2015	%
EUA	922,12	893,43	907,23	812,78	10,3
Canadá	67,63	68,68	67,67	60,71	0,8
<b>Total América do Norte</b>	<b>1.004,95</b>	<b>976,74</b>	<b>989,78</b>	<b>887,89</b>	<b>11,3</b>
<b>Brasil*</b>	<b>6,62</b>	<b>7,42</b>	<b>7,57</b>	<b>7,94</b>	<b>0,1</b>
Colômbia	89,20	85,50	88,58	85,55	1,1
<b>Total América Central e do Sul</b>	<b>98,72</b>	<b>98,49</b>	<b>101,79</b>	<b>97,50</b>	<b>1,2</b>
Alemanha	196,20	190,56	185,84	184,32	2,3
Cazaquistão	120,53	119,57	113,99	106,48	1,4
Rússia	358,30	355,23	357,40	373,30	4,7
Sérvia	38,17	40,25	29,82	38,14	0,5
Turquia	71,46	60,39	65,25	46,17	0,6
Ucrânia	87,30	84,75	64,04	38,45	0,5
<b>Total Europa e Eurásia</b>	<b>1.304,73</b>	<b>1.257,15</b>	<b>1.208,14</b>	<b>1.168,07</b>	<b>14,9</b>
África do Sul	258,58	256,56	261,52	252,10	3,2
<b>Total África e Oriente Médio</b>	<b>268,99</b>	<b>269,92</b>	<b>278,29</b>	<b>267,22</b>	<b>3,4</b>
Austrália	444,94	470,81	503,15	484,52	6,2
China	3.945,13	3.974,32	3.873,92	3.747,00	47,7
Índia	605,62	608,54	648,06	677,46	8,6
Indonésia	385,90	449,08	458,10	392,00	5,0
<b>Total Ásia e Pacífico</b>	<b>5.527,31</b>	<b>5.652,56</b>	<b>5.627,98</b>	<b>5.440,41</b>	<b>69,2</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>8.204,69</b>	<b>8.254,87</b>	<b>8.205,98</b>	<b>7.861,09</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2016.

Nota: (\*) Produção de 2012-2014, segundo DNPM, 2016.

**Figura 127** – Produção de carvão dos cinco maiores produtores.

Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2016.

A produção brasileira em 2015 foi de 7,94 milhões de toneladas, representando 0,1% da oferta internacional (BRITISH PETROLEUM, 2016). Esse fato mostra que o Brasil é o único país possuidor de grandes reservas que não se encontra entre os maiores produtores mundiais de carvão mineral. Contudo, apresentou crescimento da produção no período entre 2012 e 2015, pelo fato de o carvão nacional não estar diretamente atrelado à oscilação do mercado externo.

Conforme dados de IEA (2016b), a produção de todos os tipos de carvão vem diminuindo. Contudo, o carvão vapor e o linhito apresentam queda maior em relação ao carvão metalúrgico, que vem aumentando sua proporção na produção a cada ano, atingindo cerca de 15% do total produzido (Tabela 29).

**Tabela 29** – Distribuição da produção mundial de carvão mineral

Tipo	Ano		
	2013	2014	2015
Carvão Vapor	76,04%	75,74%	75,39%
Carvão Metalúrgico	13,50%	13,97%	14,14%
Linhito	10,46%	10,29%	10,47%

Fonte: Adaptado de IEA, 2016b.

Os dados sobre exportação e importação de carvão mineral no ano de 2015 divulgados por IEA (2016b) mostram que os principais exportadores mundiais de carvão mundial foram Austrália, Indonésia e Rússia, enquanto os principais importadores nesse mesmo ano foram Índia, China e Japão (Tabela 30). Nesse ano houve inversão entre a primeira e a segunda posição em ambos os rankings, nos quais a Indonésia deixou de ser a maior exportadora de carvão e a China não é mais a maior importadora dessa *commodity*.

**Tabela 30** – Maiores países exportadores e importadores de carvão entre os anos de 2013 e 2015

Maiores Exportadores (10 <sup>6</sup> t)				Maiores Importadores (10 <sup>6</sup> t)			
País	2013	2014	2015	País	2013	2014	2015
Austrália	336,2	375,0	392,3	Índia	188,8	237,6	221,8
Indonésia	424,3	408,2	368,4	China	327,2	291,6	204,1
Rússia	140,8	155,5	155,1	Japão	195,6	188,1	191,6
Colômbia	78,5	81,2	82,0	Coreia do Sul	126,5	131,0	135,1
África do Sul	74,6	69,0	77,3	Taipé Chinesa	66,0	65,8	65,8
EUA	106,7	88,2	67,1	Holanda	41,8	47,3	56,8
Holanda	27,0	31,3	36,2	Alemanha	54,3	53,8	55,5
Canadá	39,1	34,5	30,5	Turquia	26,6	29,8	34,0
Cazaquistão	33,8	30,9	27,4	Rússia	29,4	26,8	26,3
Coreia do Norte	16,7	15,6	19,9	Reino Unido	49,4	41,8	25,5
Outros	86,9	77,9	55,0	Outros	282,4	295,3	307,2
<b>Mundial</b>	<b>1.364,6</b>	<b>1.367,3</b>	<b>1.311,2</b>	<b>Mundial</b>	<b>1.388,0</b>	<b>1.408,9</b>	<b>1.323,7</b>

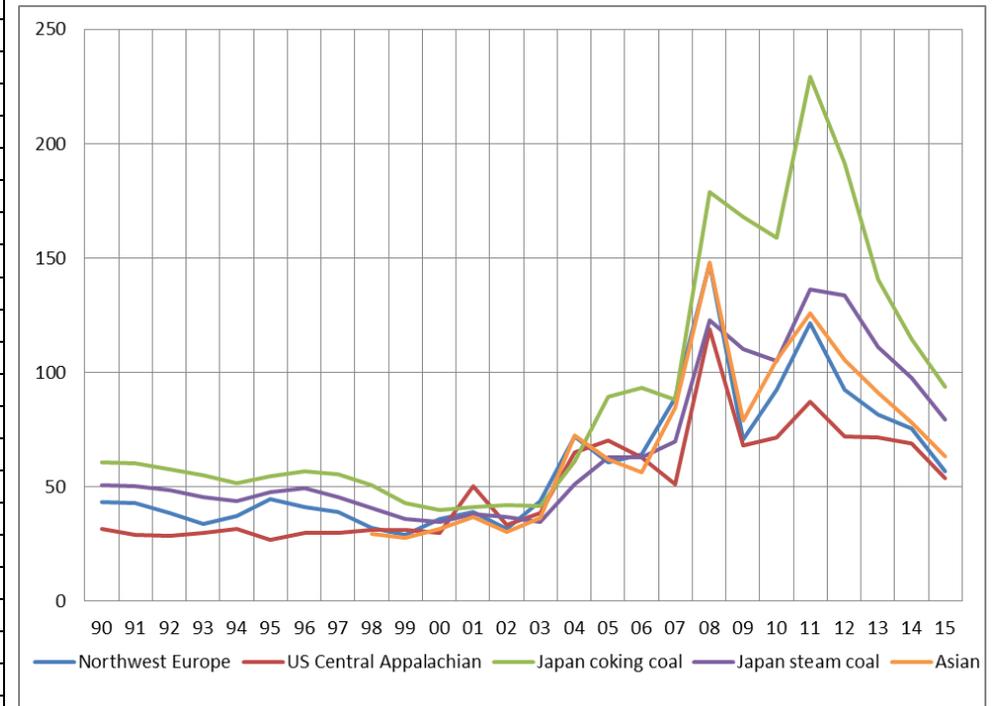
Fonte: Adaptado de IEA, 2016b.

Os preços do carvão mineral estão em queda desde 2011 (Figura 128) e diversos fatores contribuíram para o atual cenário. Ciclos de altas e baixas nos preços de *commodities* são comuns, contudo, os altos preços e altas expectativas no crescimento chinês no começo deste século resultaram no atual excesso de oferta do carvão mineral. Somado a esse fator tem-se o advento do *shale gas*, que diminuiu os preços e a demanda por carvão nos EUA. Adicionalmente, a desvalorização das moedas dos maiores países exportadores e os baixos preços do petróleo levaram à baixa cotação atual do carvão mineral.

**Figura 128** – Quadro e gráfico de linhas com a variação dos preços internacionais (dólares americanos por tonelada) do carvão mineral entre os anos de 1990 a 2015.

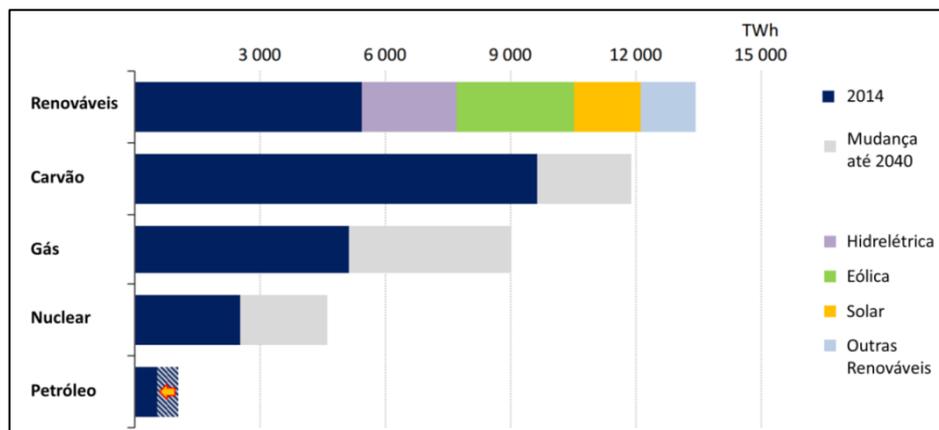
Year	Northwest Europe	US Central Appalachian	Japan Coking Coal	Japan Steam Coal	Asian
1990	43,48	31,59	60,54	50,81	-
1991	42,8	29,01	60,45	50,3	-
1992	38,53	28,53	57,82	48,45	-
1993	33,68	29,85	55,26	45,71	-
1994	37,18	31,72	51,77	43,66	-
1995	44,5	27,01	54,47	47,58	-
1996	41,25	29,86	56,68	49,54	-
1997	38,92	29,76	55,51	45,53	-
1998	32	31	50,76	40,51	29,48
1999	28,79	31,29	42,83	35,74	27,82
2000	35,99	29,9	39,69	34,58	31,76
2001	39,03	50,15	41,33	37,96	36,89
2002	31,65	33,2	42,01	36,9	30,41
2003	43,6	38,52	41,57	34,74	36,53
2004	72,08	64,9	60,96	51,34	72,42
2005	60,54	70,12	89,33	62,91	61,84
2006	64,11	62,96	93,46	63,04	56,47
2007	88,79	51,16	88,24	69,86	84,57
2008	147,67	118,79	179,03	122,81	148,06
2009	70,66	68,08	167,82	110,11	78,81
2010	92,5	71,63	158,95	105,19	105,43
2011	121,52	87,38	229,12	136,21	125,74
2012	92,5	72,06	191,46	133,61	105,5
2013	81,69	71,39	140,45	111,16	90,9
2014	75,38	69	114,41	97,65	77,89
2015	56,64	53,59	93,85	79,47	63,52

Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2016.



Segundo projeção de IEA (2015), as fontes renováveis de energia ultrapassarão o carvão mineral em 2040 e se tornarão a maior fonte de energia elétrica no planeta, devido à nova política energética mundial (Figura 129). Contudo, o carvão continuará exercendo papel significativo na matriz energética mundial, porque as fontes de energia renováveis por si sós não serão suficientes para atender à demanda, que continuará a crescer devido ao aumento da população global e ao desenvolvimento de países emergentes como a Índia.

**Figura 129** – Projeção mundial das fontes de geração de energia elétrica de 2014 até 2040.

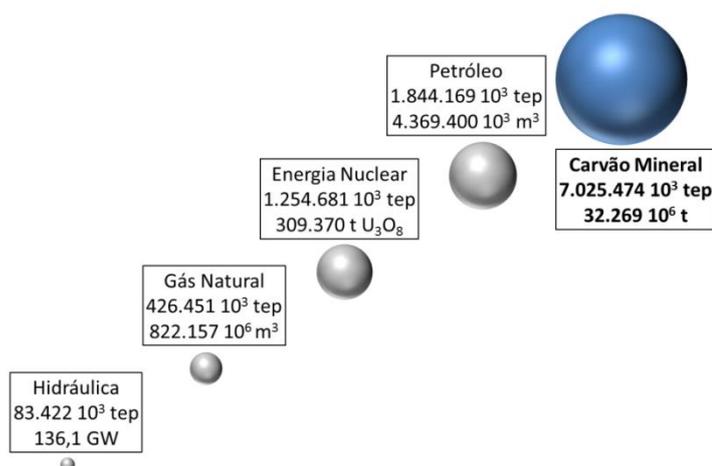


Fonte: Adaptado de IEA, 2015.

### 12.1.2 Panorama nacional

No Brasil, as principais jazidas carboníferas estão situadas na Bacia do Paraná, englobando os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Outras ocorrências são encontradas em Maranhão e São Paulo. Os recursos minerais de carvão no Brasil somam 32 bilhões de toneladas in situ, os quais, segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2016a), totalizam 7 bilhões tep (tonelada equivalente de petróleo), superando os recursos brasileiros de petróleo (2,3 bilhões tep) (Figura 130).

**Figura 130** – Recursos energéticos brasileiros.



Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016a.

Conforme o Anuário Mineral 2010 (DNPM, 2010), as reservas medidas no Brasil representam, aproximadamente, 6,5 bilhões de toneladas (Tabela 31), localizando-se 79% destas no estado do Rio Grande do Sul. A reserva lavrável brasileira passou de 2,49 bilhões de toneladas no ano de 2009 para 2,77 bilhões de toneladas no ano de 2014, de acordo com o Sumário Mineral 2015 (DNPM, 2016).

Tabela 31 – Reservas minerais de carvão do Brasil

RESERVAS MINERAIS 2009 (10 <sup>6</sup> t)				
Estado	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
São Paulo	1,08	0,88	1,26	-
Maranhão	1,09	1,73	-	-
Paraná	3,34	-	-	2,74
Santa Catarina	1.387,66	598,35	221,59	913,44
Rio Grande do Sul	5.157,68	10.005,80	6.305,52	1.571,15
<b>Total</b>	6.550,85	10.606,76	6.528,38	2.487,33

Fonte: Adaptado de DNPM, 2010.

Segundo o Sumário Mineral 2015 (DNPM, 2016), a oferta interna brasileira de carvão mineral em 2014, apesar da estagnação econômica no país, exibiu um crescimento de 2,1% na produção beneficiada (energético) e de 7,9% na produção comercializada em relação a 2013 (Tabela 32). Entretanto, a quantidade de ROM mostrou ligeira queda, de 3,7%, em relação ao ano anterior. O Rio Grande do Sul é o estado que apresenta a maior produção (bruta + beneficiada), com 54,9%, seguido por Santa Catarina (43,7%) e Paraná (1,4%). Contudo, no faturamento total de R\$ 1.209,12 bilhões, Santa Catarina destaca-se na primeira posição, com 63,7%, seguido por Rio Grande do Sul (33,7%) e Paraná (2,6%).

Tabela 32 – Principais estatísticas do carvão mineral no Brasil

Tipo	Discriminação	2012 <sup>(r)</sup>	2013 <sup>(r)</sup>	2014 <sup>(p)</sup>
Produção (t)	Bruta (ROM)	12.704.040	14.508.274	13.972.473
	Beneficiada – Energético	6.635.125	7.419.736	7.573.698
	Carvão Finos Metalurgia Básica*	62.993	89.279	53.449
	Carvão Finos para Energia	23.564	32.013	14.49
	Carvão Finos para Indústria e Outros**	72.630	60.507	56.499
	Comercializada* – Bruta	18.047	35.286	29.273
	Comercializada* – Energético + Finos	7.436.239	8.185.134	8.829.615
Importação	Bens Primários <sup>(1)</sup> (t)	18.424.376	20.315.103	23.579.746
	Bens Primários <sup>(1)</sup> (10 <sup>3</sup> US\$ - FOB)	3.607.295	2.916.579	2.733.611
	Semi e Manufaturados (t)	147.713	140.785	101.875
	Semi e Manufaturados (10 <sup>3</sup> US\$ - FOB)	105.573	107.774	87.912
Exportação	Bens Primários <sup>(1)</sup> (t)	278	361	3.656
	Bens Primários <sup>(1)</sup> (10 <sup>3</sup> US\$ - FOB)	109	147	645
	Semi e Manufaturados (t)	48.048	52.658	89.005
	Semi e Manufaturados (10 <sup>3</sup> US\$ - FOB)	33.747	39.945	73.771
Consumo Aparente <sup>(2)</sup> (t)	Metalúrgico para Siderurgia	18.424.376	20.315.103	23.579.746
	Carvão Finos	159.187	181.800	124.439
	Energético <sup>(3)</sup>	7.435.961	8.184.773	8.825.959
Preços	Carvão <sup>(4)</sup> (10 <sup>3</sup> US\$ - FOB)	195,79	143,57	115,93

Fonte: Adaptado de DNPM, 2016.

Notas: (1) carvão mineral + coque; (2) consumo aparente = produção + importação - exportação; (3) energético para uso termelétrico; (4) preço médio dos diversos tipos de carvão importados pelo Brasil (bens primários); (p) preliminar. (\*) fundição e coquearias; (\*\*) indústrias químicas, cerâmicas, pisos/revestimentos e outros seguimentos de mercado classificação inexistentes no Relatório Anual de Lavra (RAL).

Em 2014, as importações de carvão mineral do tipo metalúrgico tiveram acréscimo de 16,6% em relação a 2013, devido ao aumento da exportação do aço nacional. Contudo, no que se refere ao seu valor de custeio, houve redução de 6,3% no preço de 115,93 (US\$ - FOB/t). Os principais países de origem de bens primários são: Estados Unidos (35%), Colômbia (20%), Austrália (18%), Canadá (9%) e Rússia (6%) (DNPM, 2016).

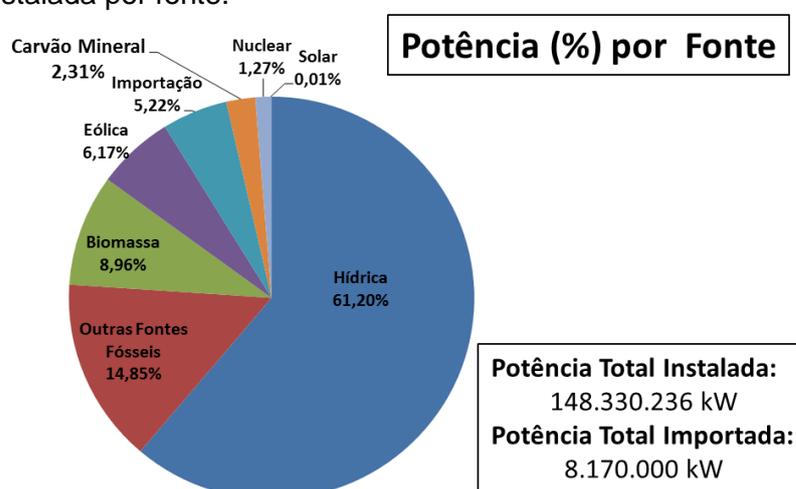
De modo geral, o carvão mineral mantém-se em valores pouco expressivos na pauta de exportações do país. De acordo com Sumário Mineral 2015 (DNPM, 2016), a quantidade de bens primários exportados em 2014 alcançou 3.656 t, apresentando um valor muito superior ao dos dois anos anteriores. Os países de destino foram: México (64%), Argentina (13%), Angola (7%), Paraguai (7%) e China (6%).

O consumo interno de carvão mineral em 2014 apresentou alta de 7,9% em relação a 2013. O grande responsável por esse desempenho foi o setor elétrico, devido à crise hídrica. O consumo por carvão mineral nacional distribui-se nos seguintes setores: elétrico (80,3%), papel e celulose (4,8%), cerâmicos (4,5%), alimentos (3,6%), cimento e petroquímica (2,4%), siderurgia e metalurgia (1,7%), outros (0,3%) (DNPM, 2016).

O carvão mineral tem duas aplicações principais no Brasil: como combustível para geração de energia elétrica, na qual se utiliza, majoritariamente, o carvão nacional, e na metalurgia, onde o carvão importado representa quase a totalidade do insumo utilizado. A partir dos dados apresentados, verifica-se que o país utiliza de forma modesta a reserva de carvão nacional disponível, visto que, na taxa atual de utilização, as reservas lavráveis (2,77 bilhões de toneladas) são suficientes para prover carvão por 198 anos; esse número passa para mais de dois mil anos considerando-se os recursos in situ (32 bilhões de toneladas). Tendo em conta que o carvão nacional não possui as propriedades adequadas para uso na metalurgia, é necessário aumentar a participação do carvão mineral na matriz energética brasileira, para melhor aproveitar as reservas nacionais desse bem mineral.

Segundo Banco de Informações de Geração (ANEEL, 2016a), no Brasil o carvão mineral responde por apenas 2,31% da potência total instalada (Figura 131), totalizando 3,6 GW provenientes de 23 UTEs. Atualmente, existe apenas um empreendimento em fase de implantação (Usina Pampa Sul, Candiota, RS), que tem como fonte o carvão e adiciona 340 MW à capacidade nacional de geração termelétrica. Há, ainda, sete empreendimentos de geração termelétrica a carvão mineral, que poderão agregar mais 804,4 MW à capacidade de geração nacional, caso venham a ser contratados e construídos.

**Figura 131** – Matriz de energia elétrica brasileira, com a distribuição percentual da potência instalada por fonte.



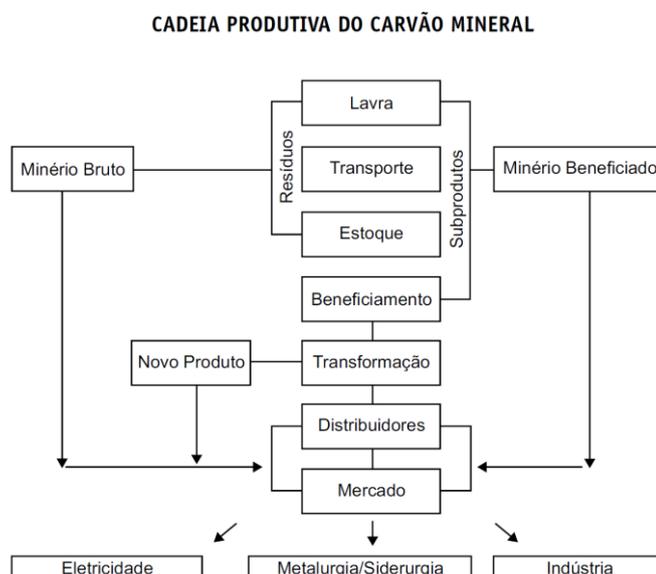
Fonte: Adaptado de ANEEL, 2016a.

Em função do possível esgotamento do potencial hidrelétrico economicamente e ambientalmente viável no horizonte de longo prazo e da grande disponibilidade desse recurso energético no sul do país a preços estáveis e relativamente baixos, o carvão torna-se uma opção importante na matriz energética na Região Sul brasileira. Para isso, é necessário desenvolver tecnologias de geração térmica a carvão com emissões reduzidas de gases poluentes e a preços mais competitivos.

### 12.1.3 Estrutura produtiva

O setor produtivo do carvão mineral passa por diversas etapas, até atingir o mercado consumidor, as quais incluem lavra, transporte, estoque, beneficiamento/transformação e distribuição (DNPM, 2008) (Figura 132).

**Figura 132 – Cadeia produtiva do carvão mineral.**



Fonte: DNPM, 2008.

Segundo Anuário Mineral 2010 (DNPM, 2010), no ano de 2009 existiam 26 minas de carvão em atividade no país, sendo 12 a céu aberto e 14 subterrâneas. As principais empresas de mineração de carvão mineral no Brasil estão localizadas nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, gerando diversos tipos de carvão para o mercado após o beneficiamento (Tabela 33). O estado de Santa Catarina é responsável pelo maior aporte de mão de obra e arrecadação tributária do setor carvoeiro (Tabela 34).

No Brasil, a logística de transporte na atividade carbonífera mostra a importância dos modais rodoviário e ferroviário no escoamento da produção até o pátio das térmicas. Não menos importante, entre as unidades de mineração e de beneficiamento e as usinas termelétricas as esteiras e cabos desempenham papel fundamental no processo logístico. No estado do Rio Grande do Sul, as usinas termelétricas localizam-se próximas às minas, como o Complexo Termelétrico Presidente Médici, em que o minério extraído da mina da CRM é transportado por uma correia com 2,3 km de extensão. No caso específico de Santa Catarina, boa parte do carvão é transportada pela interligação ferroviária, que se faz por meio da Ferrovia Tereza Cristina, que opera na região carbonífera e cerâmica, interligando o sul do estado ao Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, em Capivari de Baixo, e ao Porto de Imbituba. A ampliação da capacidade instalada de carvão mineral, obrigatoriamente, requererá a correspondente ampliação da capacidade do sistema de transportes, cuja evolução depende de programas de expansão e de novos investimentos no setor (BRASIL, 2016b).

**Tabela 33** – Produção (x10<sup>3</sup> t) vendável das principais empresas de mineração de carvão no Brasil

Carvão Energético (CE)										
Empresa	ROM	2900/ 3100	3300/ 3700/ 4000	4200	4500	4700	5200/ 5400/ 5500/ 5000	6000/ 6500/ 6800	CM* Finos	TOTAL
CambuÍ	340,0							106,8		106,8
Copelmi	2.756,5	400,5			308,8	277,3	583,0			1.569,7
CRM	3.503,2		2.308,8	14,7	14,2	57,3	16,9		7,9	2.419,7
Metropolitana	1.331,4				548,8				9,6	558,4
Criciúma	2,4				2,4					2,4
Comin	1,2				1,2					1,2
Catarinense	1.404,7				427,7					427,7
Rio Deserto	1.649,9				390,1		127,0		89,8	606,8
Belluno	1.710,5				511,4					511,4
Gabriella	190,8				20,5					20,5
Siderópolis	168,5				80,9					80,9
Minageo	48,1				48,1					48,1
<b>Total</b>	<b>13.107,4</b>	<b>400,5</b>	<b>2.308,8</b>	<b>14,7</b>	<b>2.354,0</b>	<b>334,6</b>	<b>726,9</b>	<b>106,8</b>	<b>107,2</b>	<b>6.353,7</b>

Fonte: SIECESC, 2015.

Nota: (\*) Carvão metalúrgico.

**Tabela 34** – Mão de obra e arrecadação tributária do setor carvoeiro

Mão de Obra / ICMS Gerado (R\$)				
Descrição	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Total
<b>Mão de Obra</b>	311	3.374	793	4.478
<b>ICMS</b>	672.431,64	Diferido	17.488.303,24	18.160.734,88
<b>Faturamento</b>	33.112.600,75	794.459.358,40	406.748.026,64	1.234.319.985,79

Fonte: SIECESC, 2015.

## 12.2 Roadmap Tecnológico para Produção, Uso Limpo e Eficiente do Carvão Mineral Nacional

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) publicou, no final do ano de 2012, o documento técnico Roadmap Tecnológico para Produção, Uso Limpo e Eficiente do Carvão Mineral Nacional: 2012 a 2035 (CGEE, 2012), com o objetivo de apresentar recomendações para que, utilizando-se modernos recursos científicos e tecnológicos, associados a grande parcela de inovação, o carvão mineral nacional possa vir a ser utilizado em larga escala, de forma limpa e eficiente.

As estratégias definidas no documento citado foram as seguintes:

- Rentabilidade: Gerar produtos de elevado valor agregado, utilizando processos carboquímicos, em similaridade com a indústria petroquímica nacional.
- Foco em tecnologia promissora: Investir no domínio de tecnologias-chave que permitam diversificar o uso do carvão, com ênfase na gaseificação, para a qual já existe pesquisa no país, e que promoverá avanços na carboquímica, siderurgia e geração termelétrica.
- Meio ambiente: Gerar produtos que contribuam para a redução de gases de efeito estufa, utilizando derivados do metanol produzidos a partir do gás de síntese (CO + H<sub>2</sub>) ou syngas.

- **Segurança energética:** Apresentar tecnologias de geração termelétrica, competitivas e ambientalmente adequadas, para atendimento da demanda energética nacional, por meio de aumento da eficiência dos processos e da redução de emissões. Buscar isonomia entre a geração termelétrica a carvão e as demais fontes, por intermédio de marco regulatório, considerando custos técnicos e ambientais e a competitividade das fontes.
- **Novas tecnologias:** Dominar tecnologia de produção de carvão nacional com qualidade para uso siderúrgico. Promover tecnologias de mistura do carvão mineral nacional com biomassa, visando à redução das emissões na siderurgia.
- **Incentivo à indústria nacional:** Estimular o desenvolvimento industrial, produzindo os componentes necessários para produção de equipamentos nacionais, além de aproveitar coprodutos oriundos da queima do carvão.
- **Liderança mundial:** Dominar tecnologias de interesse mundial, pois diversos países possuem carvão de qualidade semelhante ao do Brasil e se interessam por aumentar sua utilização de forma rentável, limpa e eficiente.
- **Logística:** Desenvolver infraestrutura necessária à eficiente movimentação do carvão produzido, desde as minas até os usuários finais, a custos competitivos, de modo a conquistar fatia do atual mercado brasileiro, hoje ocupado por carvões de outras origens.

O maior uso do carvão mineral nacional, de forma limpa e eficiente, pode ser dividido em três aplicações principais: carboquímica, siderurgia e geração termelétrica. Entende-se que, em curto prazo, a geração termelétrica pode promover um aumento substancial da utilização do carvão mineral de forma sustentável. Em médio prazo, a carboquímica apresenta-se como solução inovadora, rentável e ambientalmente sustentável para o uso do carvão mineral nacional. Na siderurgia, o uso do carvão mineral será complementar ao carvão importado e é associado ao uso do carvão em geração termelétrica.

Uma maior utilização do carvão mineral, seja para geração de energia elétrica, na siderurgia ou em outras aplicações, associa-se, de forma imediata, às preocupações com questões ambientais, em especial com o aumento da emissão de gases de efeito estufa. Logo, uma política pública para melhor aproveitamento do carvão mineral deve, necessariamente, estar alinhada com as diretrizes adotadas pelo Brasil nas questões relacionadas ao meio ambiente, como, por exemplo: Lei nº 12.187, de 29.12.2009 (BRASIL, 2009); Decreto nº 7.390, de 09.12.2010 (BRASIL, 2010); Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC); Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2007); Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010); Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 (BRASIL, 2012).

Em seu estudo, o CGEE (2012) enumerou as tecnologias prioritárias de investimentos para a produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na carboquímica, siderurgia e geração termelétrica (Quadros 14, 15 e 16).

**Quadro 14** – Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na carboquímica

CARBOQUÍMICA	
Gaseificação em grande escala	Processo de gaseificação em leito fluidizado circulante ou outros tipos de reatores, incluindo equipamento e desenvolvimento de catalisador.
Gaseificação <i>in situ</i> em grande escala (UCG)	Poços verticais e horizontais (tipologia de agentes oxidantes – ar, oxigênio, água e CO <sub>2</sub> ).
Reator de ajuste da proporção CO-H <sub>2</sub> ( <i>water gas shift</i> ) em grande escala	Desenvolvimento e adaptação de condições operacionais e catalisador para grande escala.
Síntese do metanol em média e grande escala	<i>Scale-up</i> da tecnologia já existente no Brasil para pequena e média escala.
Liquefação de carvão (processamento de carvão com extração por solventes)	Estudos iniciais para produção de hidrocarbonetos a partir de processamento de carvão com extração por solvente.
Obtenção de produtos a partir do gás de síntese	Metanol, hidrogênio, ureia.
Rota MTO (Methanol to Olefins)	Geração de eteno, propeno e outras olefinas; depende da gaseificação.
Rota CTL (Coal to Liquids)	Geração de combustíveis líquidos de alto desempenho (diesel, nafta petroquímica, GLP) e de lubrificantes e parafinas.
Rota DME (dimetil éter)	Geração de dimetil éter em uma etapa a partir de gás de síntese ou em duas etapas, sendo a primeira a síntese de metanol e, a segunda, a desidratação deste a DME.

Fonte: Adaptado de CGEE, 2012.

É evidente a importância do carvão mineral para o Brasil, pois, como recurso abundante e com múltiplas aplicações, deve ser utilizado para construir um país mais sustentável. Além de geração de energia, o beneficiamento do carvão proporciona a produção de compostos para combustíveis, fertilizantes e polímeros (plásticos). Os últimos avanços já indicam o carvão também como fonte para produção de hidrogênio. Com tantas possibilidades e perspectivas, a criação de uma indústria carboquímica torna-se coerente e estratégica para um país que precisa expandir sua economia.

A carboquímica, a exemplo do que ocorreu na petroquímica mundial nos anos de 1950, será uma grande aposta para as próximas gerações, pois associa o aproveitamento inteligente e eficiente de um recurso natural, o carvão; abrindo inúmeras opções mercadológicas, possíveis de atender às crescentes necessidades humanas.

**Quadro 15** – Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na siderurgia

SIDERURGIA	
Processos de concentração a ar	Remoção de argilas e piritas sem utilização de água.
Processos de concentração em leitos pulsantes	Remoção de argilas e piritas.
Processos de utilização de carvão com baixo poder de coqueificação	Aumento do percentual de carvão com baixo poder de coqueificação na mistura a coqueificar; avaliação técnica e econômica do uso de carvão nacional em misturas com carvão importado como insumo para injeção direta em altos-fornos.
Novos processos de coqueificação (briquetagem e compactação da carga – <i>stamp charging</i> ) com aumento da participação de carvão não coqueificável	Avaliação técnica e econômica em escala de demonstração de processos (por exemplo, Scope21) para aplicação de carvão nacional na produção de coque para utilização em alto-forno de grande porte e para uso de carvão nacional fracamente ou não coqueificável em misturas a coqueificar via compactação da carga – <i>stamp charging</i> .
Processo de produção de ferro tipo fusão redutora utilizando aglomerados autorredutores	Avaliação técnica e econômica em escala piloto do processo nacional Tecnored para aplicação de carvão nacional em aglomerados autorredutores.
Estudos de processos de gaseificação do carvão mineral nacional	Avaliação técnica e econômica dos diversos processos de gaseificação aplicados ao carvão mineral nacional.
Escalonamento e dimensionamento do processo industrial de redução direta com carvão mineral nacional	Avaliação econômica em escala industrial do processo de redução direta com carvão mineral nacional.
Definição de processos de produção de ferro-gusa de fusão redutora utilizando carvão mineral não coqueificável	Avaliação econômica em escala industrial dos processos Finex e Corex, com uso de carvão mineral nacional.

Fonte: Adaptado de CGEE, 2012.

O carvão mineral, coqueificável ou energético, é um redutor/combustível primordial na produção de aço. Isso significa que, para produzir aço, o Brasil necessitará de carvão mineral e continuará importando essa matéria-prima com uma tendência de custo cada vez maior. Para que seja retomada a utilização de carvão nacional para produção de coque e viabilizados os demais usos na siderurgia, torna-se imprescindível a elaboração de um estudo de viabilidade econômica, levando-se em consideração, além de aspectos técnicos, a escala de produção da mina, o uso da fração térmica gerada no beneficiamento, os investimentos necessários para revitalizar a infraestrutura de portos e ferrovias, como também os custos dos carvões produzidos em comparação com os carvões similares importados.

**Quadro 16** – Tópicos associados à produção e uso, de forma limpa e eficiente, do carvão mineral na geração termelétrica

TERMELÉTRICA	
Plantas supercríticas de carvão pulverizado e leito fluidizado circulante	Plantas termelétricas de ciclo vapor com pressões acima do ponto crítico.
Plantas leito fluidizado borbulhante multicombustível subcrítica	Pequenas centrais termelétricas a carvão com biomassa local.
Previsão de captura e armazenamento de CO <sub>2</sub> em novas plantas a carvão	Estudo de viabilidade de novas termelétricas com previsão de espaço e conexões para implantação futura de CCS (conceito <i>capture ready</i> ).
Gaseificadores para IGCC, gaseificação <i>in situ</i> para IGCC e poligeração	Gaseificadores para plantas de ciclo combinado ou uso misto ( <i>syngas</i> ). Processos para gaseificação do carvão <i>in situ</i> (Underground Coal Gasification – UCG) para planta de ciclo combinado ou uso misto ( <i>syngas</i> )
Captura de CO <sub>2</sub> (pré-combustão, pós-combustão, oxicomustão e biofixação)	Pré-combustão: <i>Shift</i> do <i>syngas</i> , gerando H <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> , associado a processo de separação. Pós-combustão: Processos de captura por separação do CO <sub>2</sub> dos gases de combustão (adsorção, peneira molecular, criogenia). Oxicombustão: Oxidante do processo é oxigênio puro, gerando fluxo de CO <sub>2</sub> puro. Biofixação: CO <sub>2</sub> da combustão é utilizado para cultivo de algas para produção de biodiesel.
<i>Cofiring</i>	Queima conjunta de biomassa em plantas a carvão para minimização de CO <sub>2</sub> por emissão evitada e aumento de eficiência.
Aproveitamento de coprodutos da combustão	Resíduos (cinzas e rejeitos dos processos de limpeza) são insumos para outros processos e produtos com maior valor agregado.

Fonte: Adaptado de CGEE, 2012.

A geração termelétrica é fator de estabilidade e segurança do sistema elétrico e deve representar uma parcela significativa da matriz elétrica nacional, com emprego das grandes reservas de carvão disponíveis.

Os índices de emissões de gases de efeito estufa, associados ao carvão, devem ser substancialmente reduzidos mediante a adoção de tecnologias de carvão limpo (CCT). Deve-se investir em desenvolvimento de tecnologias de captura de CO<sub>2</sub> para aplicação em médio prazo tanto no parque termelétrico nacional como nos demais setores com altos índices de emissões, como siderurgia, petroquímica e cimenteiras.

O desenvolvimento industrial e tecnológico que pode ser obtido com o esforço para dominar e implantar essas tecnologias beneficiará todos os setores da sociedade, com ampliação da base de conhecimentos tecnológicos do país e geração de empregos e riquezas.

## 13 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

Objetiva-se retratar, neste capítulo, de forma preliminar, a situação socioambiental das áreas em que se inserem os alvarás de pesquisa para carvão da CPRM na região de Candiota (RS).

### 13.1 Introdução

Para a abordagem ora exposta, foram consultadas diversas fontes bibliográficas, tais como relatórios da CPRM, Projeto Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul (VIERO, 2010), relatórios e dados georreferenciados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), assim como a legislação correlata.

Também foi executada etapa de campo para o registro geral de informações socioambientais dos alvarás, tais como uso do solo e identificação de Áreas de Preservação Permanente (APPs). O objetivo específico é identificar, de forma preliminar, os espaços territoriais protegidos, com regime restritivo de uso dos recursos naturais ou que possam gerar situações de conflito de uso do solo nas áreas em tela. A identificação desses espaços é essencial na tomada de decisão sobre a exploração dos depósitos de carvão no âmbito do projeto, pois são determinantes para aprovação ou indeferimento dos empreendimentos mineiros por parte dos órgãos ambientais.

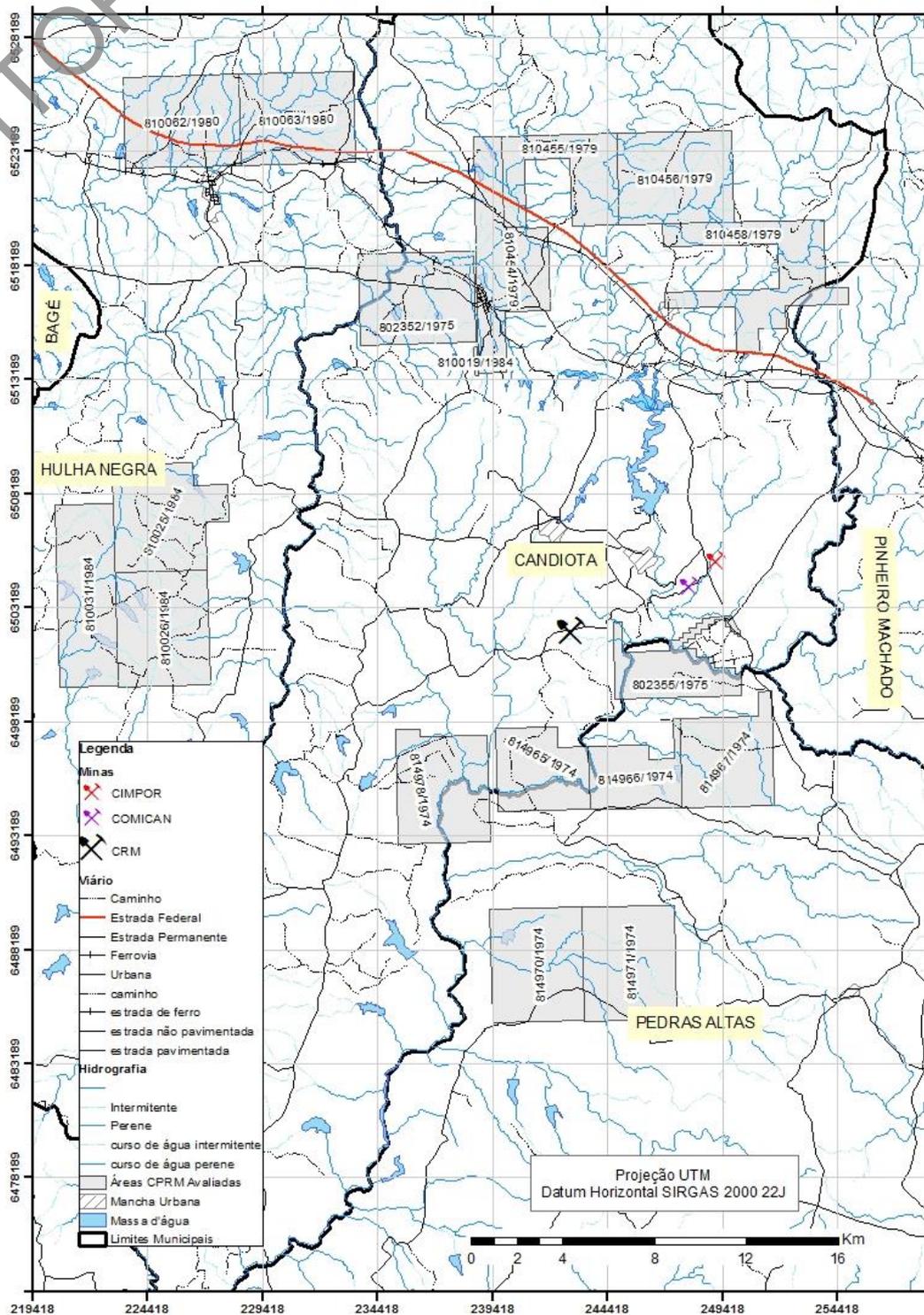
Desse modo, as situações analisadas contemplam: unidades de conservação cadastradas nos sistemas estadual ou federal (SEUC e SNUC, respectivamente) e suas áreas de amortecimento ou entorno; áreas de preservação permanente (APPs); áreas com potencial para sítios arqueológicos e paleontológicos; áreas de regularização fundiária (assentamentos); identificação de regiões com presença de comunidades tradicionais (quilombolas e indígenas) (Quadro 17; Figura 133).

**Quadro 17** – Áreas em que se inserem alvarás de pesquisa para carvão da CPRM na região de Candiota (RS)

Processo DNPM	Bloco	Município
814.965/1974	Arroio Pitangueira	Candiota/Pedras Altas
814.966/1974	Arroio Pitangueira	Candiota/Pedras Altas
814.967/1974	Arroio Pitangueira	Pedras Altas
814.978/1974	Arroio Pitangueira	Candiota/Pedras Altas
814.971/1974	Estância da Glória	Pedras Altas
802.355/1975*	Passo da Conceição*	Candiota/Pedras Altas*
802.352/1975	Seival II	Hulha Negra/Candiota
810.454/1979	Seival II	Candiota
810.455/1979	Seival II	Candiota
810.456/1979	Seival II	Candiota
810.458/1979	Seival II	Candiota/Pinheiro Machado
810.019/1984	Seival II	Candiota
810.025/1984	Arroio dos Vimes	Hulha Negra
810.026/1984	Arroio dos Vimes	Hulha Negra
810.031/1984	Arroio dos Vimes	Hulha Negra
810.062/1980	Hulha Negra	Hulha Negra
810.063/1980	Hulha Negra	Hulha Negra

Nota: (\*) Retirada prioridade na oferta pública – cessão de direitos para Votorantim (aguardando análise da Consultoria Jurídica da CPRM (COJUR)).

Figura 133 – Localização das áreas analisadas.



### 13.2 Contexto Socioambiental

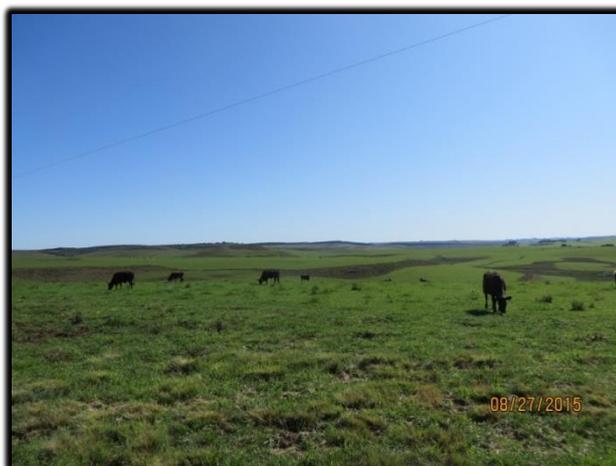
A Região Carbonífera de Candiota situa-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, distante de Porto Alegre cerca de 380 km, e contempla os municípios de Candiota, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá.

Essa região, com denominação geomorfológica de Campanha Gaúcha, insere-se totalmente no bioma Pampa, apresentando paisagens naturais variadas, tais como planícies, morros rupestres e coxilhas. O bioma exibe um imenso patrimônio cultural associado à biodiversidade. As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio de campos nativos, mas há também matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos etc.

No que diz respeito à hidrografia, é na Região Carbonífera de Candiota que estão localizadas as cabeceiras de drenagem do rio Jaguarão, cujos principais afluentes são os arroios Jaguarão e Candiota, na margem esquerda, e arroios dos Vimes e Jaguarão Chico, na margem direita. Em um estudo coordenado pela FEPAM (TEIXEIRA; MARÇAL, 2004), para avaliar os problemas ambientais associados à mineração e utilização do carvão sobre os recursos hídricos, a sub-bacia do arroio Candiota foi considerada área de influência potencial para a poluição hídrica.

A estrutura produtiva da região é condicionada a fatores ligados a bioma, relevo, geologia, características do solo, condições climáticas, tradição e costumes. Segundo Teixeira e Marçal (2004), tradicionalmente a pecuária extensiva de bovinos/ovinos e as culturas anuais em latifúndios, como a rizicultura, consolidam-se como as principais atividades agropecuárias desenvolvidas (Figuras 134, 135 e 136). A silvicultura de pinus, eucaliptos e acácias, para emprego da madeira na indústria da celulose, é outra atividade de grande vulto na região (Figura 137).

**Figura 134** – Atividade de pecuária bovina extensiva. DNPM nº 810.455/1979 – Bloco Seival II.



**Figura 135** – Atividade de criação de ovinos. DNPM nº 810.458/1979 – Bloco Seival II.**Figura 136** – Irrigação em lavoura de arroz. DNPM nº 810.454/1979 – Bloco Seival II.**Figura 137** – No primeiro plano, solo marcado pelo uso como campo de pastagem; ao fundo, atividade de silvicultura. DNPM nº 810.456/1979 – Bloco Seival II.

O setor primário tem na mineração uma representação muito importante, evidenciando a vocação mineira da região. As commodities exploradas são carvão, destacando-se a mina da CRM no município de Candiota, e calcário para a indústria de corretivos de solo, fertilizantes e cimento. Ainda sobre o carvão, cerca de 90% dos recursos nacionais dessa commodity

situam-se no estado do Rio Grande do Sul, que, por suas características, é hoje utilizado na produção de energia térmica. Dos 32 bilhões de toneladas de carvão mineral, 12 bilhões encontram-se na região de Candiota, perfazendo 37% dos recursos nacionais (VIERO, 2010). Por esse motivo, a região de Candiota também é polo de geração de energia termelétrica, com a Usina Termelétrica Presidente Médici da Eletrobrás CGTEE.

Associado às atividades econômicas já elencadas, atualmente a região de Candiota passa por mudanças sociais a partir do assentamento de agricultores pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), refletindo no aumento de pequenas propriedades rurais, onde são produzidas diversas culturas, como feijão, milho e frutíferas, em contraste com os tradicionais latifúndios de monoculturas.

### 13.3 Unidades de Conservação

De acordo com a Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000), que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Unidade de Conservação (UC) é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Essa lei ainda institui dois grupos de Unidades de Conservação: as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral apresentam como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais. Esse grupo abrange cinco categorias de Unidades de Conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional (ou Estadual, ou Natural Municipal); Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre.

As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, apresentam como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais. Esse grupo inclui sete categorias de Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional (ou Estadual, ou Municipal); Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O desenvolvimento da atividade de mineração no interior de UCs, por demandar o uso direto de recursos naturais, mostra-se incompatível com o grupo de Unidades de Proteção Integral. Já nas Unidades de Uso Sustentável, existe a possibilidade de a mineração ser compatibilizada em algumas situações, mediante avaliação do órgão gestor da UC e desde que não fira os objetivos descritos em seu decreto de criação.

As áreas de entorno das UCs também possuem regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental; são as chamadas zonas de entorno e zonas de amortecimento.

De acordo com a Lei nº 11.520 (RIO GRANDE DO SUL, 2000), que instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente no Rio Grande do Sul, as Unidades de Conservação possuem uma área circundante protegida para fins de licenciamentos, que corresponde ao raio de 10 km a partir de seus limites.

Assim, todo empreendimento ou atividade dentro do raio de 10 km ao redor dos limites de qualquer UC (zona de entorno) localizada no território do Rio Grande do Sul, seja municipal, estadual ou federal, pública ou privada, necessita de autorização do órgão gestor da Unidade de Conservação.

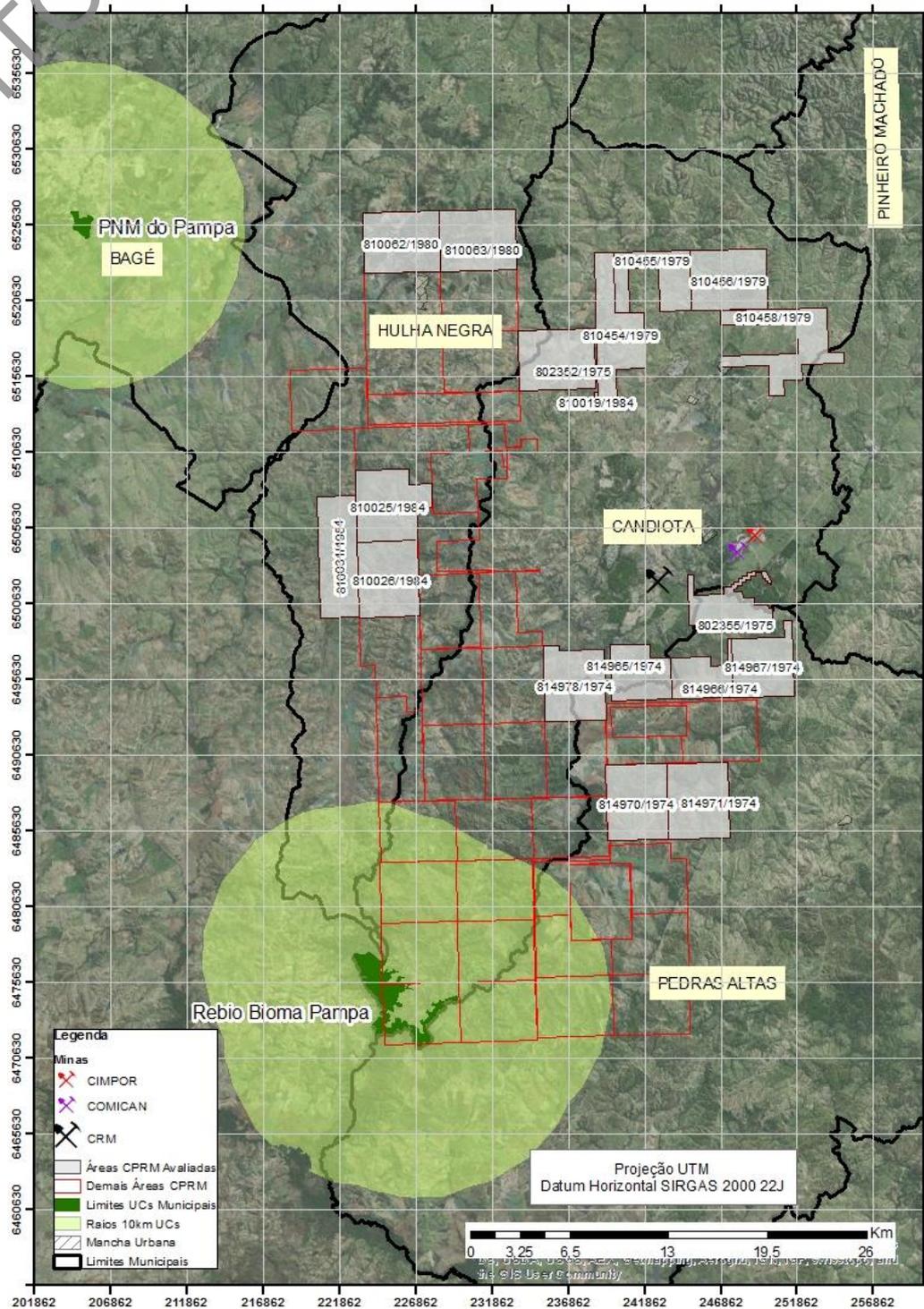
Além disso, as Unidades de Conservação possuem a zona de amortecimento (exceto Áreas de Proteção Ambiental e Reservas Particulares do Patrimônio Natural, conforme art. 25 da Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000)), que coexiste com a zona de entorno de 10 km. As dimensões e as normas da zona de amortecimento devem constar no Plano de Manejo da respectiva Unidade de Conservação.

Conforme dados georreferenciados das UCs presentes no estado do Rio Grande do Sul, obtidos no portal da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), as áreas de pesquisa de carvão objeto deste relatório não são interceptadas pelos limites de UCs ou suas respectivas zonas de entorno e amortecimento (Figura 138). As UCs mais próximas são de jurisdição municipal e estão localizadas nos municípios de Candiota e Bagé, sendo, respectivamente: a Reserva Biológica Bioma Pampa, distante cerca de 19 km, e o Parque Natural Municipal do Pampa, a 22 km de distância.

Cabe salientar que outras áreas da CPRM com alvará de pesquisa, que não são objeto deste relatório, são interceptadas pelos limites e/ou pela zona de entorno de 10 km da Reserva Biológica Bioma Pampa, que é de proteção integral. Essa informação é relevante para o planejamento estratégico da empresa no que tange ao futuro das demais áreas (Figura 138).

Outra informação igualmente relevante é que, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Pampa é o bioma que tem menor representatividade no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), representando apenas 0,4% da área continental brasileira protegida por Unidades de Conservação. Se considerarmos a área do bioma como referência (17.649.600 ha), apenas 486.500 ha (2,7%) estão protegidos em Unidades de Conservação (BRASIL, 2009). A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), da qual o Brasil é signatário, em suas metas para 2020 prevê a proteção de pelo menos 17% de áreas terrestres representativas da heterogeneidade de cada bioma. Isso coloca o Pampa como um bioma prioritário para a criação de novas UCs, o que poderá afetar mais áreas da CPRM no futuro.

Figura 138 – Localização das áreas de alvarás de pesquisa da CPRM em relação às UCs próximas.



### 13.4 Áreas de Preservação Permanente

Legalmente, o conceito de APP está definido no atual Código Florestal (Lei nº 12.651), no art. 3º, inciso II:

Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; [...]. (BRASIL, 2012).

Por essa definição, entende-se que a proteção está diretamente relacionada à área e se essa área sofrer algum tipo de impacto ambiental negativo na vegetação, ela continua sendo APP.

No art. 4º da mesma lei (BRASIL, 2012), a delimitação das APPs compreende tanto territórios localizados na zona rural como na zona urbana:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano

horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Destaca-se que a Lei nº 11.520 (RIO GRANDE DO SUL, 2000) mantém-se mais restritiva que a norma federal, considerando também as nascentes intermitentes como APPs (art. 155, inciso III). Essa mesma norma também considera os limites dos banhados como APPs.

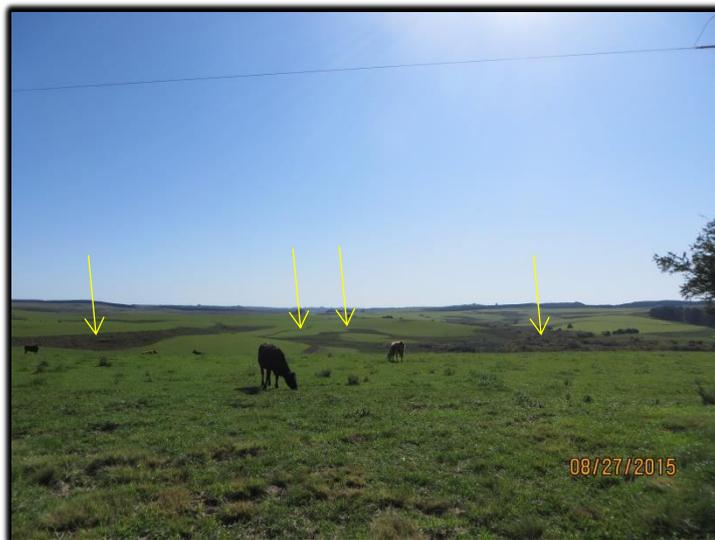
Na identificação das APPs nas áreas de pesquisa da CPRM avaliadas é importante frisar que não foi executado um inventário ou cadastramento de todas as APPs presentes nos polígonos, atividade esta compatível com os estudos para o licenciamento ambiental. Desse modo, busca-se aqui apontar de forma preliminar e genérica a existência dessas áreas, limitando-se às bases cartográficas consultadas em escala 1:100.000 (folhas Hulha Negra (CPRM, 2012) e Passo São Diogo (CPRM, no prelo)) e ao trabalho de campo para reconhecimento geral das áreas.

Assim, foram identificadas APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes. No geral, as APPs estão bastante antropizadas por atividades agrossilvopastoris e a vegetação ciliar não passa de 5 m de largura ao longo dos cursos d'água (Figura 139). Áreas de cabeceira de drenagem, marcadas por nascentes (perenes e intermitentes), encontram-se desmatadas e com acesso livre ao pisoteio do gado nos campos de pastagem (Figura 140).

**Figura 139** – Trecho do arroio dos Vimes apresentando APP pouco preservada. DNPM nº 810.031/1984 – Bloco Arroio dos Vimes.



**Figura 140** – As setas destacam as áreas de nascentes em cabeceira de drenagem inteiramente ocupada pela atividade de pecuária. DNPM nº 810.455/1979 – Bloco Seival II.



A maioria dos açudes encontrados é fruto do represamento de cursos d'água naturais (Figura 141), prática bastante comum nas propriedades rurais onde se inserem as áreas de pesquisa da CPRM. Tais feições possuem APPs em seus entornos, as quais deverão ser delimitadas pelo órgão ambiental quando do licenciamento, nos termos do art. 4º, inciso III, da Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012). Ainda sobre os cursos d'água, são comuns brejos e banhados associados às suas planícies de inundação (Figura 142).

**Figura 141** – Detalhe de açude construído por meio do represamento de curso d'água natural. DNPM nº 810.031/1984 – Bloco Arroio dos Vimes.



**Figura 142** – Banhado associado à planície de afluente do arroio Caiena; ao fundo, vegetação arbórea no entorno do banhado, caracterizada por espécies exóticas (silvicultura). DNPM nº 802355/1975 – Bloco Passo da Conceição.



As demarcações das APPs inseridas nas poligonais dos direitos minerários da CPRM estão limitadas à escala 1:100.000, a partir dos vetores de hidrografia consultados nas folhas Hulha Negra (CPRM, 2012) e Passo São Diogo (CPRM, no prelo) (Figuras 143 a 147).

**Figura 143** – APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Arroio Pitangueira/Passo da Conceição.

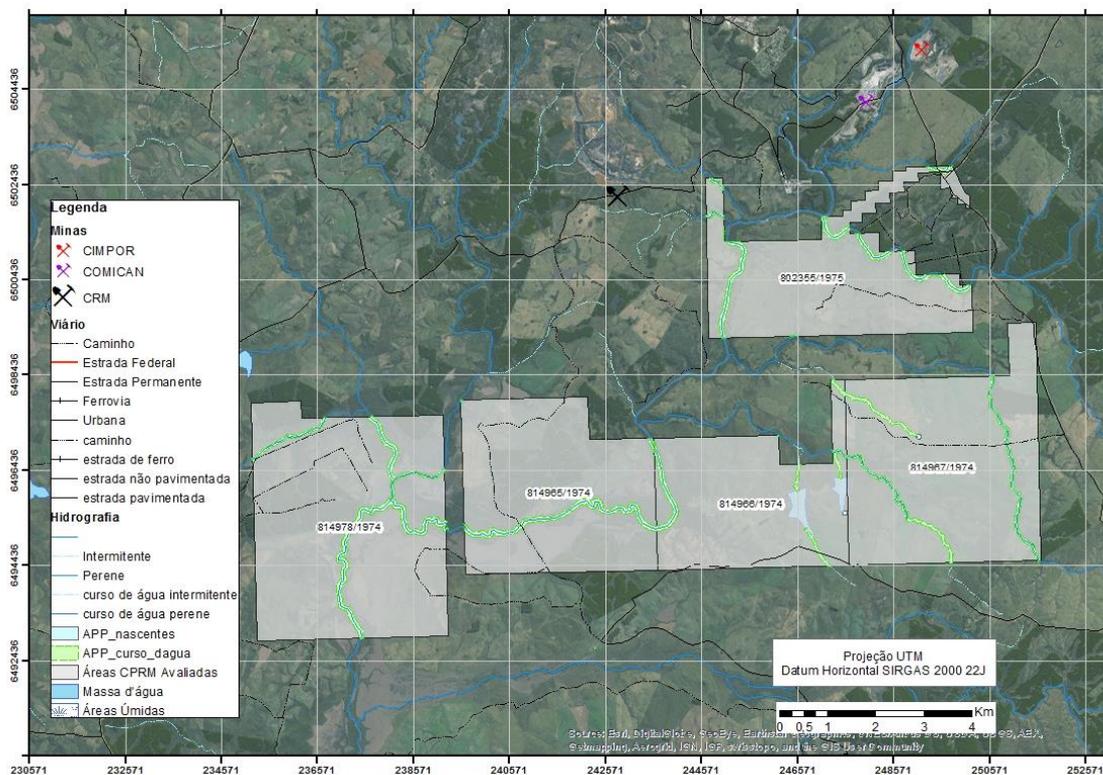


Figura 144 – APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Estância da Glória.

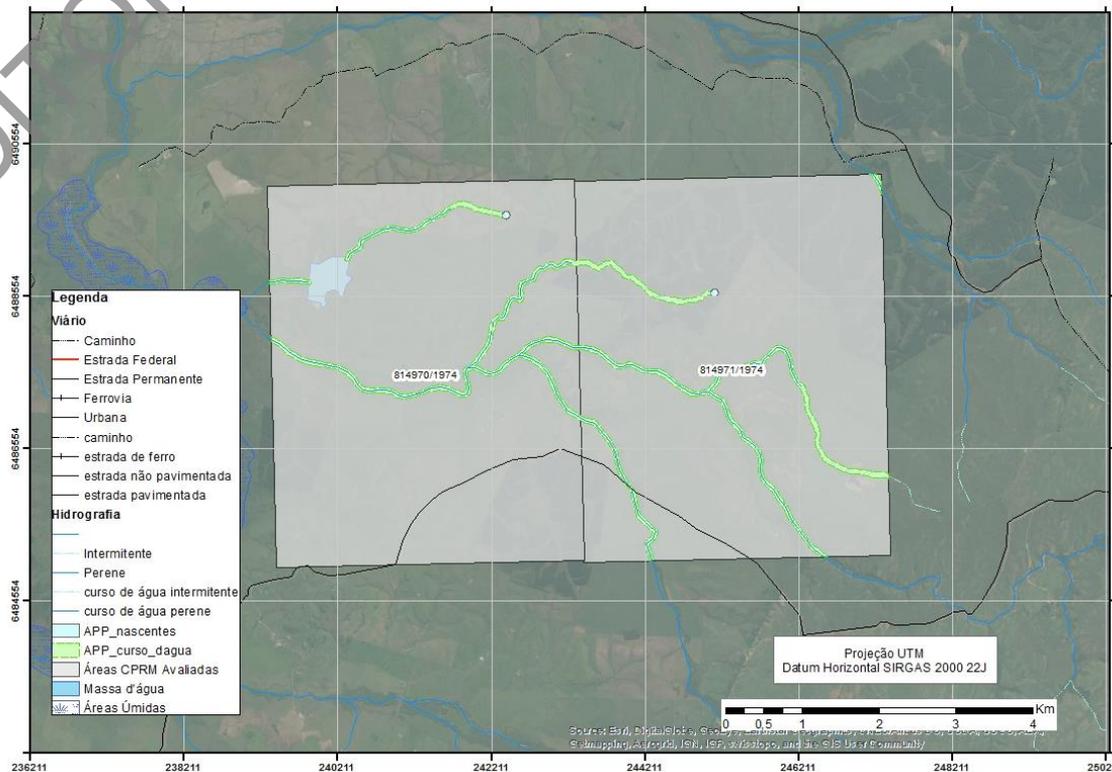


Figura 145 – APPs no entorno de cursos d'água e de nascentes do bloco Seival II.

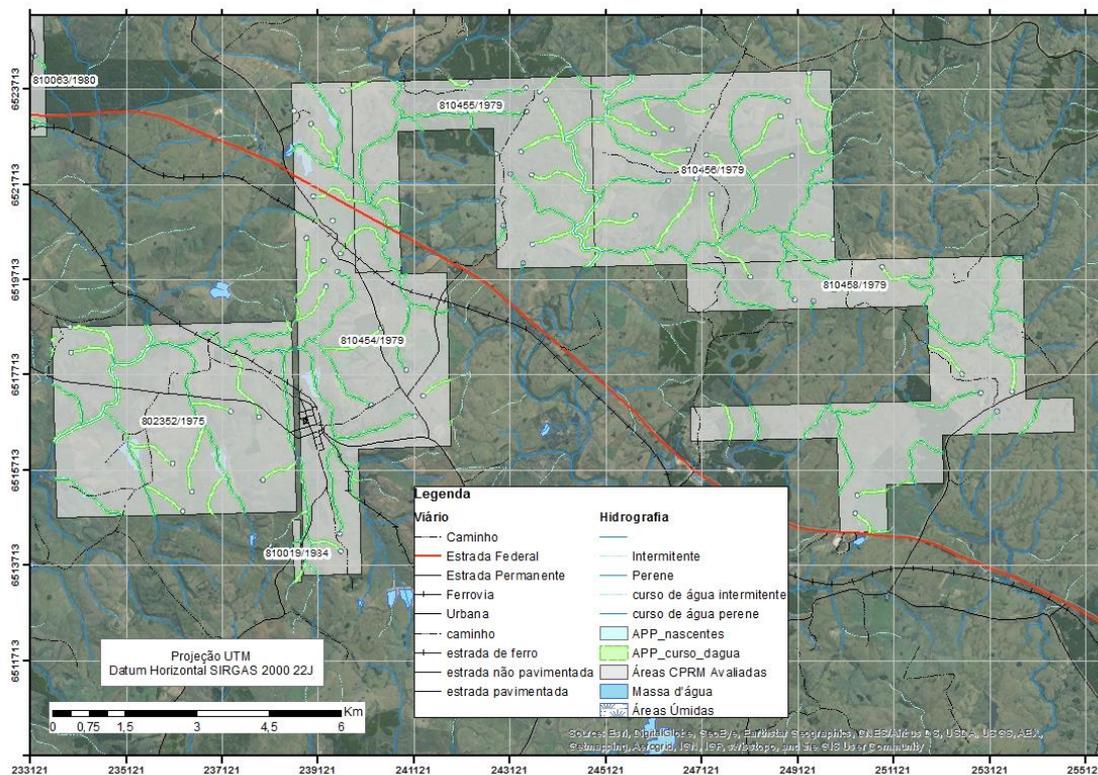


Figura 146 – APPs no entorno de cursos d’água e de nascentes do bloco Arroio dos Vimes.

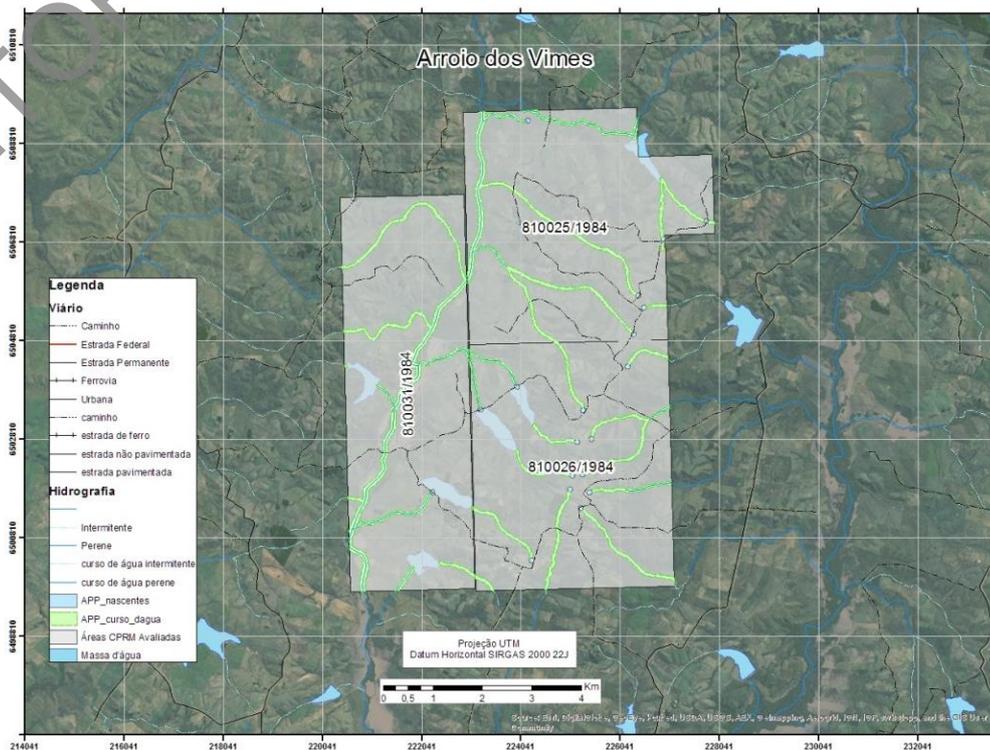
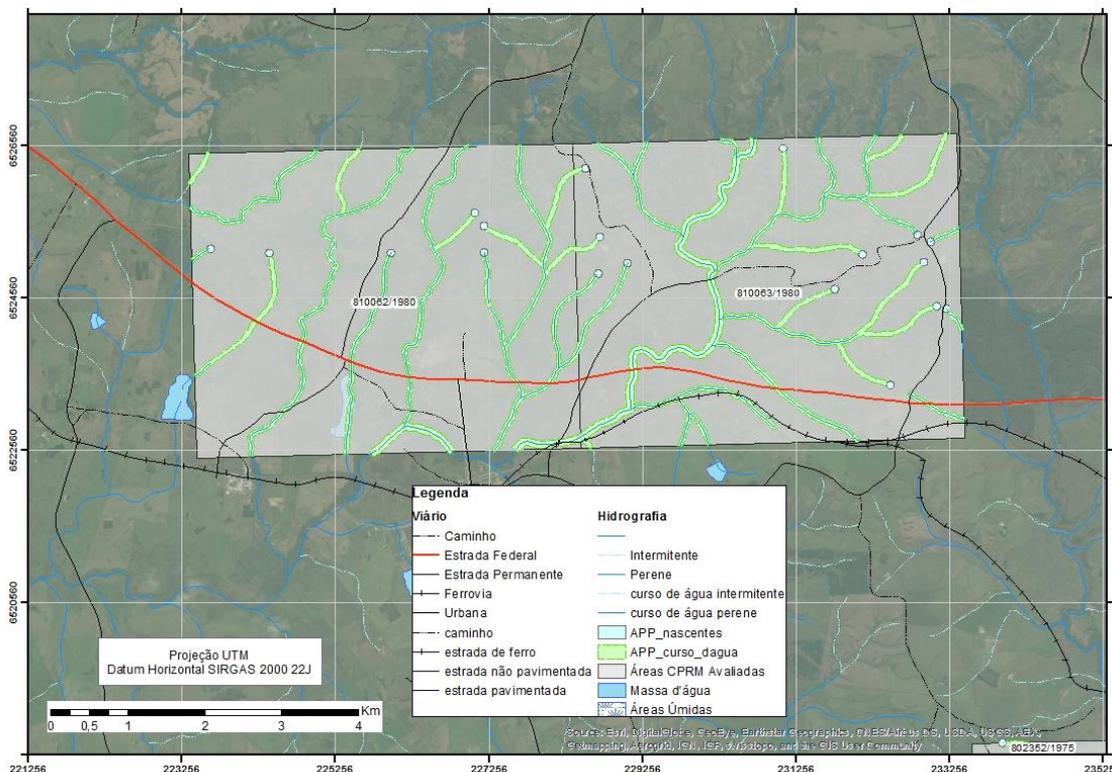


Figura 147 – APPs no entorno de de cursos d’água e de nascentes do bloco Hulha Negra.



Devido às características do relevo suave (coxilhas), com baixas amplitudes e declividades, não são constatadas APPs de topo de morro e de encostas com declividade superior a 45° nas áreas avaliadas.

### 13.5 Potencial para Sítios Arqueológicos e Paleontológicos

Os sítios arqueológicos e paleontológicos são considerados bens da União e são definidos e protegidos pela Lei nº 3.924 (BRASIL, 1961) e Decreto-Lei nº 4.146 (BRASIL, 1942), respectivamente. O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é o órgão federal responsável pela gestão do patrimônio arqueológico do país e o DNPM, do patrimônio fossilífero nacional.

Na esfera estadual, compete ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado (IPHAEE) a gestão dos sítios arqueológicos e à Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS) a administração dos sítios paleontológicos, nos termos da Lei nº 11.738 (RIO GRANDE DO SUL, 2002).

Nesse contexto, a Ordem de Serviço DPRES nº 02/2012 FEPAM (2012) determina:

Art. 1º - Os empreendimentos que prescindirem de EIA/RIMA deverão requerer, na fase de Licença Prévia, anuência do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Estadual (IPHAEE) ou do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional (IPHAN).

Já a Lei nº 11.738 (RIO GRANDE DO SUL, 2002) traz o seguinte regramento em seu art. 4º:

Parágrafo único – Toda obra de qualquer natureza, inclusive remoção de rochas nos sítios paleontológicos de que trata este artigo, deverá ser submetida ao prévio licenciamento da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM –, bem como à consulta da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul.

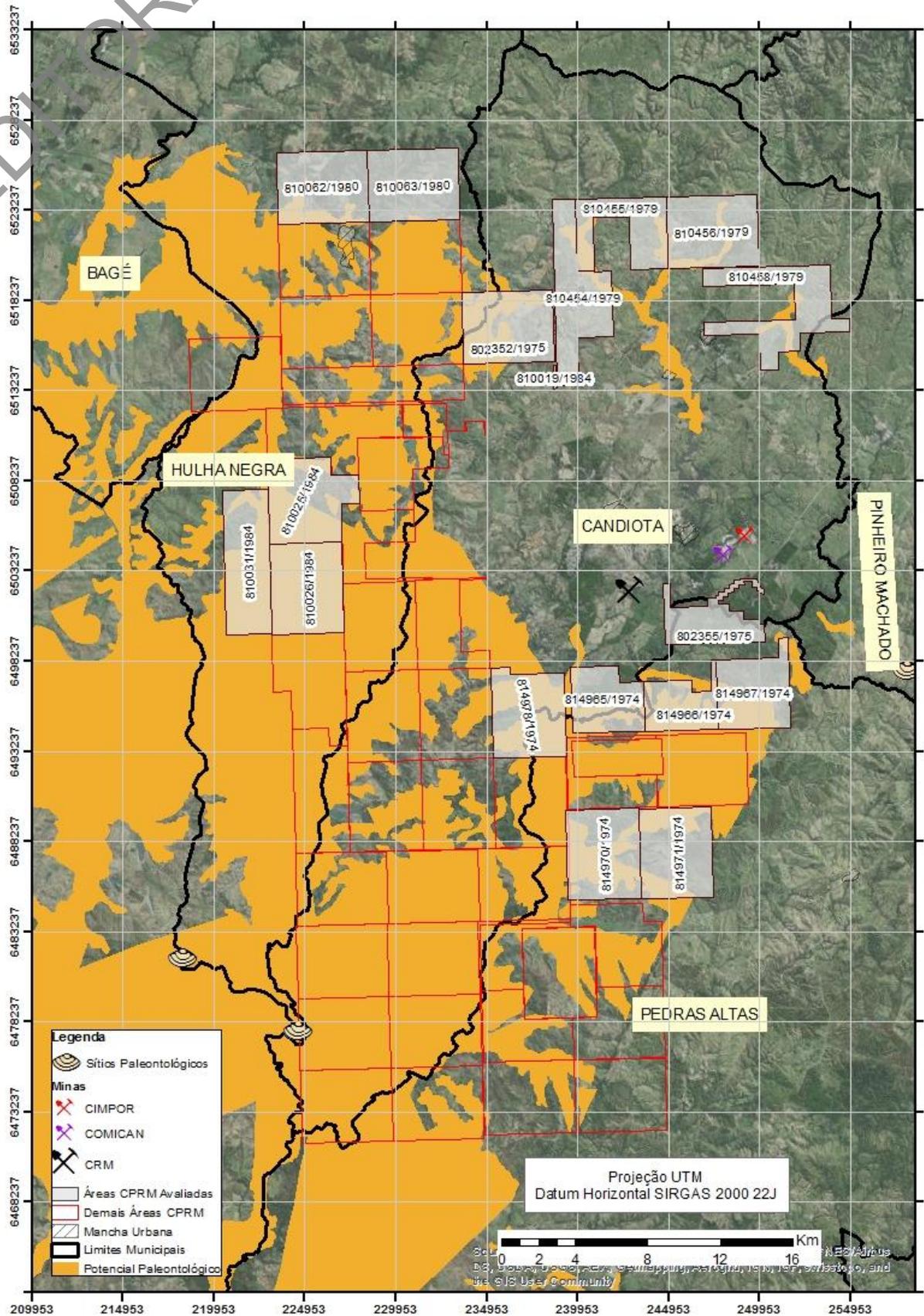
Portanto, o licenciamento ambiental da atividade de lavra de carvão, por ser executado por Estudo de Impacto Ambiental-Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) e por, invariavelmente, envolver interferência no solo e substrato, depende de prévia avaliação e autorização desses órgãos.

Em caso de existência de sítios paleontológicos na região das áreas de pesquisa da CPRM avaliadas, o art. 1º da Lei nº 11.738/2002 declara integrantes do patrimônio cultural do estado os sítios paleontológicos localizados em municípios do Rio Grande do Sul, incluindo Bagé, Candiota e Pinheiro Machado. Considerando as condições geológicas das áreas da CPRM e sua localização em municípios de confirmada existência de sítios paleontológicos, fica evidente o potencial para a descoberta de novas ocorrências.

Na Figura 148 mostra-se o potencial fossilífero nas áreas da CPRM e as ocorrências próximas já cadastradas, conforme fontes cartográficas oriundas da FEPAM e de levantamentos da CPRM, tais como o SIG Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul (VIERO, 2010) e a Folha Passo São Diogo (CPRM, no prelo).

Quanto aos sítios arqueológicos, a única informação encontrada foi a de uma ocorrência no município de Bagé, conforme consulta ao Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico (SGPA), disponível no portal do IPHAN (<http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa>).

Figura 148 – Potencial paleontológico nas áreas da CPRM e as ocorrências já cadastradas.



### 13.6 Áreas de Regularização Fundiária (Assentamentos)

O assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas ou reconhecidas pela União, por meio do INCRA, onde originalmente existia um imóvel rural considerado improdutivo e que pertencia a um único proprietário. Os principais regramentos legais que regem o tema são as leis nºs 4.504 (BRASIL (1964) e 8.629 (BRASIL, 1993).

Nas áreas de alvará de pesquisa da CPRM avaliadas foram encontradas duas modalidades de assentamentos: uma, denominada Projeto de Assentamento (PA), é estabelecida diretamente pela União e conta com oito unidades; a outra trata de projetos de assentamento estaduais (PEs), que são reconhecidos pelo INCRA, totalizando seis unidades (Quadro 18).

**Quadro 18** – Projetos de assentamento agrário e processos de pesquisa da CPRM afetados

Assentamento	Data da Portaria de Criação	Forma de Desapropriação	Áreas CPRM
PA das Palmeiras	12.11.2001	Compra e Venda	810.026/1984
PA Tapete Verde/Campesinos	05.11.2001	Compra e Venda	810.025/1984; 810.026/1984; 810.031/1984
PA Capivara II/Conquista da Capivara	22.11.2001	Compra e Venda	810.025/1984; 810.031/1984
PA Banhado Grande	22.11.2001	Compra e Venda	810.025/1984; 810.026/1984; 810.031/1984
PE Nova Vitória	02.12.1999	Reconhecimento	802.355/1975
PE Boa Vista do Butiá	09.01.2000	Reconhecimento	814.978/1974
PE Vitória São João	02.12.1999	Reconhecimento	814.978/1974
PA Santa Fé	09.01.1996	Desapropriação	814.978/1974
PE Nova Querência	09.01.2000	Reconhecimento	810.031/1984
PE Conquista da Fronteira	19.06.1998	Reconhecimento	810.026/1984; 810.031/1984
PA Estancinha II	24.01.2006	Compra e Venda	810.031/1984
PA Estância Velha I	05.11.2001	Compra e Venda	810.025/1984
PE Boa Amizade	02.12.1999	Reconhecimento	810.026/1984
PA Meia Água/Unidos Venceremos II	05.11.2001	Compra e Venda	810.025/1984; 810.026/1984

O desenvolvimento de mineração em áreas de assentamento é um tema normalmente controverso e com forte atuação do Ministério Público, pois se trata de um conflito de uso do solo. Muitas vezes, gera-se um paradoxo: de um lado, a União declara a área em questão como de interesse à reforma agrária por meio de sua aquisição ou reconhecimento; de outro, a União, por meio de concessão de títulos minerários, declara a mesma área como de interesse mineral.

Jurisprudências, tais como a tese apresentada por Rangel (2010), pregam que, mesmo admitindo o interesse público na desapropriação para reforma agrária, nesse confronto prevalece a exploração das reservas minerais por quatro razões: (i) a rigidez locacional; (ii) a anterioridade do título minerário na maior parte dos casos; (iii) a vocação mineral da área desapropriada; (iv) a vastidão do território nacional e as diversas áreas disponíveis para assentamento de sem-terra.

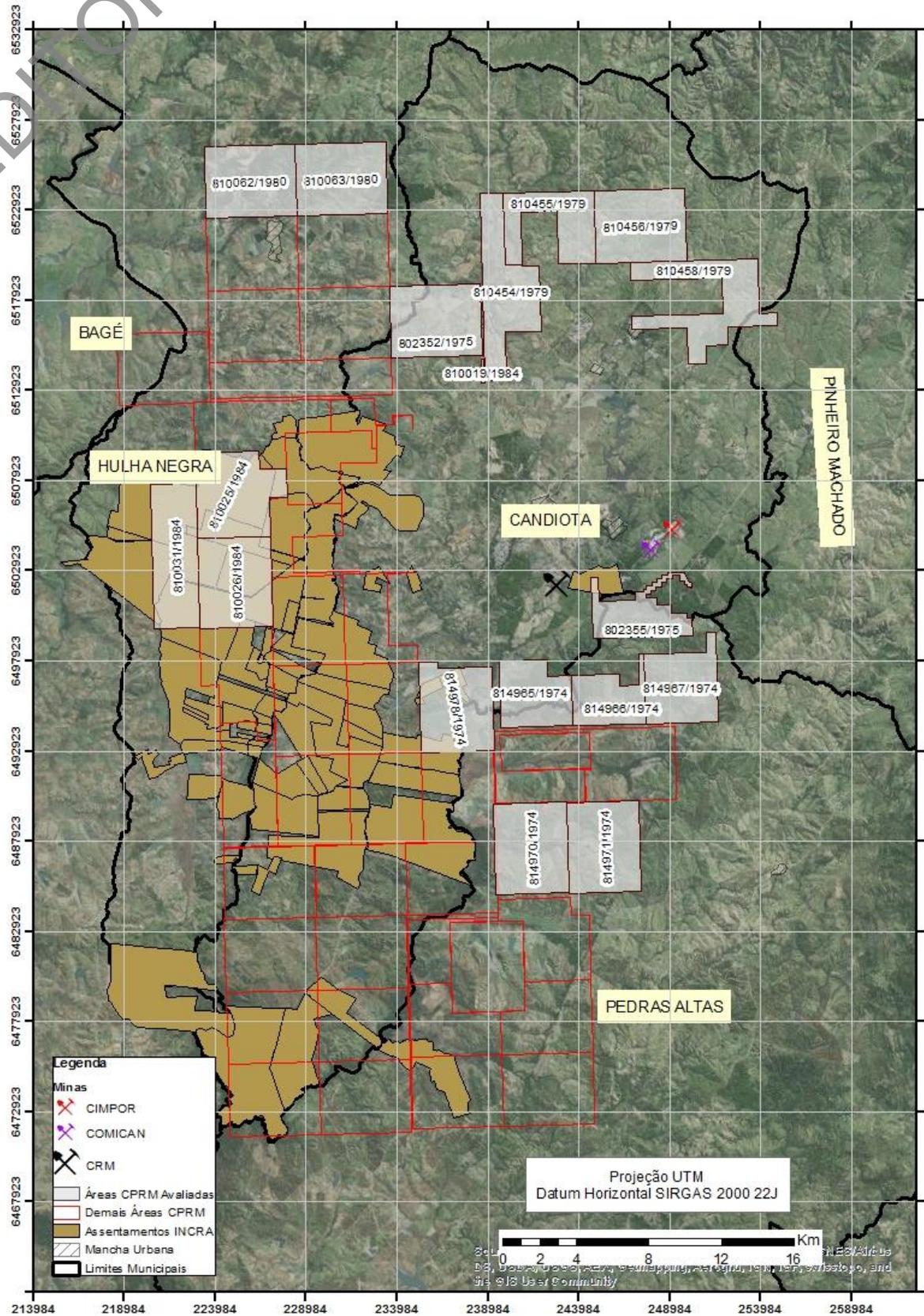
Adicionalmente, esse autor lança mão dos seguintes regramentos:

- Lei nº 8.629 (BRASIL, 1993), que regulamenta os dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária: “Art. 10. Para efeito do que dispõe esta lei, consideram-se não aproveitáveis: [...] III – as áreas sob efetiva exploração mineral;”.
- Lei nº 4.504 (BRASIL, 1964), no que diz respeito a assentamentos: “Art. 9º Dentre as terras públicas, terão prioridade, subordinando-se aos itens previstos nesta lei, as seguintes: I – As de propriedade da União, que não tenham outra destinação específica.”.

- Decreto-lei nº 227 (BRASIL, 1967a) (Código de Minas): “Art. 87. Não se impedirá, por ação judicial de quem quer que seja, o prosseguimento da pesquisa ou lavra.”. Entretanto, a rigor, quando identificado que a atividade de lavra se situa em área de assentamento, o órgão ambiental solicita que o empreendedor apresente documento de autorização do INCRA para prosseguimento do licenciamento ambiental.

Ao analisarmos a Figura 149, percebemos que a maior parte dos assentamentos elencados no Quadro 18 concentra-se nos alvarás de pesquisa do Bloco Arroio dos Vimes, sobrepondo quase totalmente os polígonos. Observa-se, também, a existência de assentamentos sobre as demais áreas de pesquisa da CPRM não avaliadas neste relatório.

Figura 149 – Localização de projetos de assentamento agrário e polígonos de pesquisa da CPRM afetados.



### 13.7 Áreas Indígenas e Quilombolas

Tendo em vista que a implantação da atividade minerária implica, muitas vezes, a mudança de domínio de propriedades rurais, cuidados especiais são requeridos nas regiões em que estão localizadas comunidades tradicionais. Tais cuidados visam à prevenção de problemas sociais decorrentes de transações imobiliárias que envolvam áreas reconhecidas ou em processo de reconhecimento, bem como possível mudança dos hábitos culturais daquelas comunidades em função da mineração.

No Brasil, compete à Fundação Nacional do índio (FUNAI) promover estudos de identificação e delimitação, demarcação, regularização fundiária e registro das terras tradicionalmente ocupadas por povos indígenas, além de executar o seu monitoramento e fiscalização, nos termos da Lei nº 5.371 (BRASIL, 1967b). Também cabe à FUNAI atuar no controle e na mitigação de possíveis impactos ambientais decorrentes de interferências externas às terras indígenas.

A Fundação Cultural Palmares é o órgão vinculado ao Ministério da Cultura responsável por reconhecer e certificar as comunidades de remanescentes quilombolas. Já o INCRA é o órgão responsável, na esfera federal, pela titulação dos territórios ocupados por essas comunidades, por força do Decreto nº 4.887 (BRASIL, 2003).

No que diz respeito à execução de atividades que possam gerar conflitos de uso da terra junto a essas comunidades, a ratificação e promulgação da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), por meio do Decreto nº 5.051 (BRASIL, 2004), trazem a previsão da consulta prévia como direito das comunidades tradicionais interessadas, “mediante procedimentos apropriados e, particularmente, através de suas instituições representativas, cada vez que sejam previstas medidas legislativas ou administrativas suscetíveis de afetá-las diretamente.” (art. 6º.1, “a”).

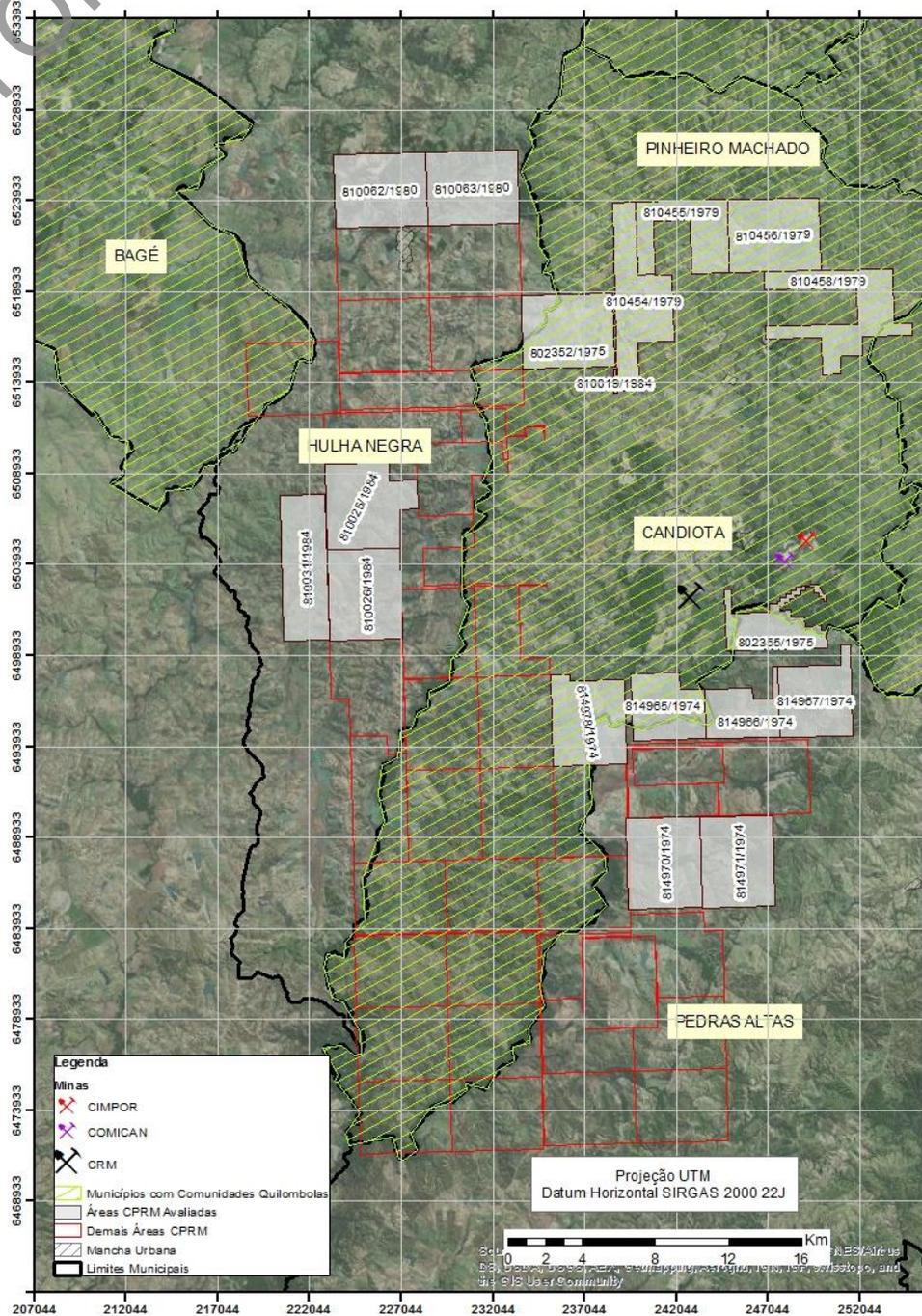
Desse modo, para fins de licenciamento ambiental, sempre que constatado que o empreendimento localiza-se em área de comunidades tradicionais, o órgão ambiental exige autorização emitida pelas instituições competentes para a análise do processo.

Após consulta aos dados obtidos junto à FEPAM e informações do SIG Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul (VIERO, 2010), constata-se que não há registros de terras indígenas cadastradas nos municípios onde se localizam as áreas de pesquisa da CPRM avaliadas. Entretanto, Bagé, Candiota e Pinheiro Machado possuem registros de terras quilombolas (Quadro 19). Nenhuma das bases de dados delimita a localização exata dessas propriedades, apenas aponta os respectivos municípios (Figura 150). Investigações acerca da real localização dessas comunidades deverá ser objeto de estudos para licenciamento ambiental dos empreendimentos mineiros.

**Quadro 19** – Comunidades quilombolas registradas nos municípios do depósito de Candiota

Comunidade Quilombola	Município
Assentamento Companheiros de João Antônio	Candiota
Várzea do Baiano	Candiota
Palmas	Bagé
Santa Tereza	Bagé
Toca	Bagé
Passo dos Pires	Pinheiro Machado

**Figura 150** – Localização dos polígonos de pesquisa da CPRM frente aos municípios que apresentam registro de assentamentos quilombolas.



## 14 RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

É evidente a importância do carvão mineral para o Brasil, pois, como recurso abundante e com múltiplas aplicações, deve ser utilizado para construir um país mais sustentável. O carvão mineral possui duas aplicações principais no país: como combustível para geração de energia elétrica, na qual se utiliza, majoritariamente, o carvão nacional, e na metalurgia, onde o carvão importado representa quase a totalidade do insumo utilizado. O Brasil ainda utiliza de forma modesta a reserva de carvão nacional disponível, visto que, na taxa atual de utilização, as reservas lavráveis (2,77 bilhões de toneladas) são suficientes para prover carvão por 198 anos; esse número passa para mais de dois mil anos considerando-se os recursos in situ (32 bilhões de toneladas). Tendo isso em vista, a reavaliação do depósito de Candiota, juntamente com a reavaliação de outros depósitos de carvão em posse da CPRM, poderá colaborar para a fomentação da indústria carbonífera brasileira.

Os resultados da integração de dados geológicos, geofísicos e topográficos permitiram esboçar um modelo geológico tridimensional para as camadas de carvão na área de estudo, quantificar seus recursos minerais e estabelecer um potencial para as áreas da CPRM no depósito de Candiota. O modelo tridimensional demonstra que dentro dos alvarás de pesquisa da CPRM ocorrem camadas de carvão com continuidade e espessura suficientes para desenvolvimento de diversos empreendimentos mineiros.

Como resultado do estudo de reavaliação do depósito de carvão de Candiota, obteve-se como recursos inferidos in situ o total de 11,2 bilhões de toneladas, considerando-se todas as camadas de carvão modeladas.

Em termos de qualidade, a partir da compilação dos ensaios densimétricos disponíveis, os carvões do depósito de Candiota foram classificados como Sub-Betuminosos A a Carvão Betuminoso Alto Volátil C. No aspecto geral, de acordo com as curvas densimétricas, pode-se afirmar que os carvões de Candiota apresentam apenas razoável liberação de matéria carbonosa durante o processo de beneficiamento, apresentando as melhores liberações acima da densidade 2,0 g/cm<sup>3</sup>. As curvas NGM projetadas corroboram essa assertiva, pois apresentam, em média, valores > 25%, indicando dificuldade de beneficiar esses carvões entre os intervalos densimétricos 1,65 e 2,1 g/cm<sup>3</sup>. A ampla geração de partículas finas e a baixa liberação de matéria carbonosa (carvões altamente friáveis e porosos) estão provavelmente associadas ao intercrescimento entre a matéria orgânica geradora (biomassa composta à base de vegetação herbáceo-arbustiva) e a matéria inerte (cinzas). Os altos teores de enxofre presentes em algumas camadas são justificados pela influência das marés no rompimento das barreiras com o ingresso de água marinha no sistema deposicional principal (barreira/laguna).

É importante ressaltar que o presente trabalho é de escala regional. Dessa maneira, é necessário o adensamento da malha de sondagem, além da realização de perfis de sísmica de alta resolução com pequeno espaçamento entre si, para melhor definição da continuidade e correlação das camadas de carvão, a detecção de mais falhas que afetam as camadas e melhor delimitação das intrusões de diabásio. Em conjunto com a perfuração de novos furos, sugere-se a realização de análises e ensaios das camadas de carvão, bem como a execução de testes para determinação de gás natural associado às camadas de carvão durante a sondagem.

O presente estudo também visou a identificar as áreas mais interessantes em termos econômicos, baseando-se em quantidade e qualidade do carvão, facilidades de extração (Relação Estéril/Minério – REM), infraestrutura e localização. Foram identificados quatro blocos prioritários (Tabela 35), que somam mais de 500 milhões de toneladas com REM < 4 m<sup>3</sup>/t.

**Tabela 35 – Recursos inferidos *in situ* nos blocos prioritários**

Bloco	Carvão (t)	Camadas Superiores (t)	REM <4 (t)	REM (m <sup>3</sup> /t)	REM < 4 m <sup>3</sup> /t)
Seival II	631.548.342	417.939.326	162.173.502	5,8	2,8
Arroio da Pitangueira	856.255.663	589.726.444	147.281.448	6	2,9
Estância da Glória	638.128.009	406.572.114	107.573.834	9,2	1,7
Arroio dos Vimes	697.634.610	533.554.195	117.019.185	10,0	3,3
<b>Total</b>	<b>2.823.566.624</b>	<b>1.947.792.079</b>	<b>534.047.969</b>	<b>7,8</b>	<b>2,7</b>

Atualmente, os carvões da jazida de Candiota são utilizados essencialmente na alimentação de usinas termelétricas, pois são altamente reativos e ideais para queima. Conforme dados técnicos da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), a Usina Termelétrica Presidente Médici pode operar com até 53% de cinzas e 2% de enxofre total. Devido ao grande volume de carvão ainda não lavrado, não se descarta a utilização na indústria carboquímica e em processos de gaseificação, pois, em geral, apresentam maior eficiência e menor emissão dos gases poluentes, ainda que o custo seja mais elevado. Uma maior utilização do carvão mineral, seja para geração de energia elétrica, na siderurgia ou em outras aplicações, associa-se, de forma imediata, às preocupações com questões ambientais, em especial com o aumento da emissão de gases de efeito estufa. Logo, uma política pública para melhor aproveitar o carvão mineral deve, necessariamente, estar alinhada com as diretrizes adotadas pelo Brasil nas questões relacionadas ao meio ambiente.

Além de geração de energia, o beneficiamento do carvão proporciona a produção de compostos para combustíveis, fertilizantes e polímeros (plásticos). Com tantas possibilidades e perspectivas, a criação de uma indústria carboquímica torna-se coerente e estratégica para um país que precisa expandir sua economia.

O carvão mineral, coqueificável ou energético, é um redutor/combustível primordial na produção de aço. Isso significa que, para produzir aço, o Brasil necessitará de carvão mineral e continuará importando essa matéria-prima com uma tendência de custo cada vez maior. Para que seja retomada a utilização de carvão nacional para produção de coque e viabilizados os demais usos na siderurgia, é imprescindível que seja elaborado um estudo de viabilidade econômica, levando-se em consideração, além dos aspectos técnicos, a escala de produção da mina, o uso da fração térmica gerada no beneficiamento, os investimentos necessários para revitalizar a infraestrutura de portos e ferrovias e, finalmente, os custos dos carvões produzidos em comparação com os carvões similares importados.

A geração termelétrica é fator de estabilidade e segurança do sistema elétrico e deve representar uma parcela significativa da matriz elétrica nacional, com o emprego das grandes reservas de carvão disponíveis. Os índices de emissões de gases de efeito estufa associados ao carvão devem ser substancialmente reduzidos mediante a adoção de tecnologias de carvão limpo (CCT). Deve-se investir em desenvolvimento de tecnologias de captura de CO<sub>2</sub> para aplicação em médio prazo tanto no parque termelétrico nacional como nos demais setores com altos índices de emissões, como siderurgia, petroquímica e cimenteiras.

O desenvolvimento industrial e tecnológico que pode ser obtido com o esforço para dominar e implantar essas tecnologias beneficiará todos os setores da sociedade, com ampliação da base de conhecimentos tecnológicos do país e geração de empregos e riquezas.

A partir das informações elencadas nos itens anteriores, é possível afirmar que as áreas de pesquisa da CPRM avaliadas não possuem restrições ambientais regionais, tais como incidência de áreas restritivas de zoneamentos ambientais, de unidades de conservação ou de

zonas de proteção definidas na legislação para o bioma no qual se encontram (Pampa). A região onde se inserem essas áreas tem sua vocação minerária consolidada, haja vista configurar-se como um polo de extração de carvão e de geração de energia termoelétrica.

Desse modo, a presente avaliação procurou mostrar, de forma geral, as áreas restritivas locais (APPs) e áreas que não configuram restrição à atividade de mineração, mas que podem, ao longo do trâmite do licenciamento ambiental, apresentar situações de conflitos de uso do solo (assentamentos de reforma agrária, sítios arqueológicos ou paleontológicos e áreas ocupadas por comunidades tradicionais).

Por fim, frisamos que se trata de um apontamento preliminar das APPs e das áreas de possível conflito de uso do solo, o qual deverá ser investigado em detalhe por equipe multidisciplinar nos estudos ambientais na fase de licenciamento ambiental.

## 15 REFERÊNCIAS

ABCM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CARVÃO MINERAL. **História do carvão no Brasil.** 2012 Disponível em: <[http://www.carvaomineral.com.br/interna\\_conteudo.php?i\\_subarea=8&i\\_area=4](http://www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=8&i_area=4)>. Acesso em: 7 nov. 2016.

ABCARRAGE, A.M.; LOPES, R. da C. (Coord.). **Projeto A Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica.** Relatório final. Porto Alegre: CPRM, 1986. 18 v.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de informações de geração.** 21 dez. 2016a. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de informações geográficas do setor elétrico.** 2016b. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/Down/>>. Acesso em: 4 nov. 2016.

BIZZI, L.A. et al. Mapa tectônico do Brasil. In: \_\_\_\_\_ (Org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG.** Brasília, DF: CPRM, 2003. CD 2/4. Escala: 1:2.500.000.

BRASIL. **Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003.** Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/d4887.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4887.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004.** Promulga a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT sobre povos indígenas e tribais. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010.** Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto-lei nº 4.146, de 4 de março de 1942.** Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967a.** Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227compilado.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2016**: relatório síntese – ano base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016a. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2016\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Energia termelétrica**: gás natural, biomassa, carvão, nuclear. Rio de Janeiro: EPE, 2016b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Termel%C3%A9trica%20-%20Online%2013maio2016.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PNE/20080111\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961**. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/leis/1950-1969/L3924.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/1950-1969/L3924.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4504.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 5.371, de 5 de dezembro de 1967b**. Autoriza a instituição da "Fundação Nacional do Índio" e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/L5371.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5371.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8629.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015**: balanço das atividades estruturantes 2011. Brasília, DF: MCTI, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**. Brasília, DF: MME, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pampa**. 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/pampa>>. Acesso em: 10 out. 2016.

BRITISH PETROLEUM. **BP Statistical Review of World Energy June 2016** – data workbook. 2016. Disponível em: <[bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica. **Balanco energético do Rio Grande do Sul 2015**: ano base 2014. Porto Alegre, Grupo CEEE/Secretaria de Minas e Energia do Rio Grande do Sul, 2015. 200 p.; il. Disponível em: <[http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/Balanco\\_Energetico\\_RS\\_2015\\_base\\_2014\\_61962.pdf](http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/Balanco_Energetico_RS_2015_base_2014_61962.pdf)>. Acesso em: 4 nov. 2016.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035**. (Série Documentos Técnicos 14) (Versão 1.4). Brasília, DF: CGEE, 2012. 132 p. Disponível em: <<http://www.cgEE.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=7877>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

CORPORATE KNIGHTS. **Utilities & energy**. 2015. Disponível em: <<http://www.corporateknights.com/channels/utilities-energy/can-big-oil-transition-to-a-low-carbon-economy-14436792/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

COUTINHO, M.G. da N. **Síntese informativa da SUPAMI**: maio 1987. Rio de Janeiro: CPRM, 1987.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Programa de desenvolvimento das unidades mineiras de carvão nas áreas de concessão da CPRM**: programação 1985. Rio de Janeiro: CPRM, 1984a. 92 f.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: área de Hulha Negra. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 2622/80, 1178, 2498, 2499, 2682/81. Porto Alegre: CPRM, 1982a. 8 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota: Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 1165 a 1170/81. Porto Alegre: CPRM, 1982b. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: área sul de Candiota. Arroio Pitangueira. Relatório final de pesquisa. Áreas A-17, A-18 e A-19. Porto Alegre: CPRM, 1983a. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco Herval. Área Sanga da Divisa. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 3868/80, 3973/80, 4185/80. Porto Alegre, 1983b. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco Seival II. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 3438, 3439, 3596, 5589, 5590/80. Porto Alegre: CPRM, 1983c. 6 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Área Biboca Oeste. Relatório final de pesquisa. Alvará nº 2401/80. Porto Alegre: CPRM, 1983d. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Área Passo da Conceição (B-12). Relatório final de pesquisa. Alvará nº 6388/80. Porto Alegre: CPRM, 1983e. 3 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 1659 a 1661, 1796/82. Porto Alegre: CPRM, 1983f. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Relatório final de pesquisa. Porto Alegre, 1984b. 17 f.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Área Biboca. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 1399/83, 3079/83, 3106/83. Porto Alegre, 1984c.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco sul de Candiota. Área Picada da Meia Água (A-26). Relatório final de pesquisa. Processo DNPM nº 814.974/74. Alvará 5243/85. Porto Alegre: CPRM, 1986a. 31 f.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco Herval. Passo São Diogo. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 1346/85, 2622/85, 2870/85, 3728/85. Porto Alegre: CPRM, 1986b. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: área sul de Candiota. Arroio dos Vimes. Relatório final de pesquisa. Porto Alegre: CPRM, 1987a.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco Herval. Área Passo dos Carros. Relatório final de pesquisa. Alvarás nºs 1345/85, 8631/85 a 8634/85 e 8697/85, DNPM 810.011/84 a 810.016/84. Porto Alegre: CPRM, 1987b. 2 v.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Grande Candiota**: bloco Seival III. Relatório final de pesquisa. Alvará nº 1817/85, DNPM 810.019/84. Porto Alegre: CPRM, 1988. 56 f.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Folha SH.22–Y–C-I Hulha Negra (RS)**. Escala 1:100.000. Porto Alegre: CPRM, 2012. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Folha SH.22–Y–C-IV Passo São Diogo (RS)**. Escala 1:100.000. Porto Alegre. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. No prelo.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto Grande Candiota**: bloco Arroio dos Vimes. Área Passo do Neto. Relatório final de pesquisa. Informações complementares. Protocolo DNPM nº 810.022/85; alvará DNPM nº 2.581/85. Porto Alegre, 1998. 24 f.

D'ALGE, J.C.L. **Atualização cartográfica por imagem de satélite**: considerações teóricas e possibilidades de implementação. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~julio/consult1.pdf>>. Acesso em: jan. 2015.

DAER – DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Composição da malha rodoviária**: dados de setembro/2016. Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br/composicao-da-malha>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário mineral 2010**. Brasília, DF: DNPM/MME, 2010. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO\\_MINERAL\\_2010.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2010.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Carvão mineral**. Brasília, DF: DNPM-DF, 2008. Disponível em: <[https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3970](https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3970)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário mineral 2015**. Brasília, DF: DNPM/MME, 2016. Vol. 35. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

EWERTON&MINERAÇÃO. Importância do desenvolvimento de uma mina. **Mine-net.blogspot.com**, 11 mar. 2011. Disponível em: <<http://mine-net.blogspot.com.br/2011/03/importancia-do-desenvolvimento-em.html>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Ordem de Serviço FEPAM/DPRES, nº 02, de 6 de fevereiro de 2012**. Dispõe sobre a obtenção de anuência de órgão de defesa do Patrimônio Histórico Cultural de empreendimentos submetidos a EIA/RIMA e/ou localizados em zonas de interesse histórico, artístico ou cultural. Disponível em: <<http://www.rcambiental.com.br/Atos/ver/OS-FEPAM-RS-2-2012/>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

FERREIRA, K. de S. **Caracterização das camadas superiores e inferiores da jazida de Candiota para estudos futuros de beneficiamento gravimétrico visando o uso energético**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GOMES, A.J.P. **Carvão do Brasil, turfa agrícola**: geologia, meio ambiente e participação estratégica na produção de eletricidade no sul do Brasil. Porto Alegre : EST Edições, 2002. 164 p.

HOLZ, M. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system – an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, v. 162, n. 3, p. 305-331, 2003.

HUGHES, J.D.; KLATZEL-MUDRY, L.; NIKOLS, D.J. A standardized coal resource/reserve reporting system for Canada. Ottawa: **Geological Survey of Canada**, 1989.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion highlights**). 2016a. Disponível em: <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion\\_Highlights\\_2016.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key coal trends**: excerpt from coal information. Edição 2016b. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyCoalTrends-1.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2015**. London, 10 nov. 2015. Disponível em: <[http://www.worldenergyoutlook.org/pressmedia/recentpresentations/151110\\_WEO2015\\_presentation.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/pressmedia/recentpresentations/151110_WEO2015_presentation.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

JORC – JOINT ORE RESERVES COMMITTEE. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. **The JORC Code 2012 edition**. Disponível em: <[http://www.jorc.org/docs/JORC\\_code\\_2012.pdf](http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf)>. Acesso em: out. 2016.

LACERDA FILHO, J.V. de et al. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso**. Goiânia: CPRM, 2004. 200 p. Escala 1:1.000.000.

MANUTENÇÃO&SUPRIMENTOS. **O que é mineração longwall**. 27 jun. 2012. Disponível em: <<http://www.manutencaoessuprimentos.com.br/conteudo/6797-o-que-e-mineracao-longwall/>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MILANI, E.J. et al. Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI, E.J. **Evolução tecnoestratigráfica da bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. 255 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MILANI, E.J., THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** p. 389-449.

ONU BR – NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **21ª Conferência das Partes (COP-21)**: acordo de Paris. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

RANGEL, M. de A.B. **Atividade minerária e projetos de reforma agrária**: algumas notas breves sobre aspectos jurídicos. Salvador (BA), jun. 2010. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000617.pdf>>. Acesso em: out. 2016.

RIO GRANDE DO SUL (estado). **Lei nº 11.520, de 3 de agosto de 2000**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/Lei%20n.11.520-2000%20Codigo%20Estadual%20de%20Meio%20Ambiente%20RS.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

RIO GRANDE DO SUL (estado). **Lei nº 11.738, de 13 de janeiro de 2002**. Declara integrantes do patrimônio cultural do Estado os sítios paleontológicos localizados em municípios do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2011.738.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SAMPAIO, C.H.; TAVARES, L.M.M. **Beneficiamento gravimétrico**: uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. Porto Alegre: EdUFRGS, 2005. vol. 1. 603 p.

SEC – UNITED STATES SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. **Form 10-K**: annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the Securities Exchange Act of 1934. Washington, DC, 2009. Disponível em: <<http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1037676/000095012310019343/c55409e10vk.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 2013. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SIECESC – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DE CARVÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Carvão mineral**: dados estatísticos – ano de 2015. Disponível em: <[http://www.siecesc.com.br/dados\\_estatisticos](http://www.siecesc.com.br/dados_estatisticos)>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SÜFFERT, T. **Carvão nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 1997. 39 p. (Informe de Recursos Minerais. Série Oportunidades Minerais. Exame Atualizado de Projeto, 21).

TEIXEIRA, E.C.; MARÇAL, J.R.P. (Coord.). **Estudos ambientais em Candiota**: carvão e seus impactos. Porto Alegre: FINEP/PDACT/CIAMB/FAPERGS/FEPAM, 2004.

VIERO, A.C. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. 250 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

WOOD JR., G.H. et al. Coal resource classification system of the U.S. Geological Survey. **Geological Survey Circular**, 891, 1983. 65 p. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/circ/1983/0891/report.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

# Reavaliação do Patrimônio Mineral

## PROJETO CANDIOTA

Durante a segunda metade do século passado o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) realizou diversos projetos de pesquisa e exploração mineral no Brasil. Atualmente a CPRM possui 376 direitos minerários ativos agrupados em 30 projetos distribuídos pelo país.

O Empreendimento Reavaliação do Patrimônio Mineral da CPRM tem como finalidade resgatar e reavaliar os dados de informações geológicas, geoquímicas, geofísicas e geometalúrgicas, validando-os e organizando-os em um banco de dados em formato digital. Esses dados são integrados e reinterpretados à luz do conhecimento geológico atual, tanto quanto possível, modelados e estimados conforme preconizado nos códigos internacionais de classificação de recursos e reservas.

Bloco Carvão Candiota localiza-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, dista cerca de 380 km de Porto Alegre e contempla os municípios de Candiota, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá. Constituído por 56 alvarás de pesquisa com relatórios finais de pesquisa aprovados pelo DNPM, totalizando 98.875,76 ha.

O modelo do depósito de Candiota nas áreas da CPRM compreende 16 camadas de carvão. O total de todos os recursos de carvão in situ do depósito é de aproximadamente 11,2 bilhões de toneladas, sendo que somente a camada Candiota (CBS+CBI) é responsável por 54% desse total. Aproximadamente 10% do total de recursos in situ de todas as camadas de carvão modeladas encontra-se sob coberturas menores ou iguais a 50 metros, apresentando potencial lavrável a céu aberto.

Este acervo contém todos os dados e informações do referido depósito, o qual possa vir a ser um catalizador de novos investimentos, fomentando oportunidades e incentivando a indústria mineral do País.

### 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 31821326

### Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

### Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

Tel: 61 2108-8418

### Divisão Geologia Econômica

Tel: 21 2546-0418

### Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

### Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa  
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030  
Tel.: 51 3406-7300

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: [asscomdf@cprm.gov.br](mailto:asscomdf@cprm.gov.br)

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372  
E-mail: [marketing@cprm.gov.br](mailto:marketing@cprm.gov.br)

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697  
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)



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE  
GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL