

# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

PROJETO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL - ÁREA TURFA LINHARES ESTADO DO ESPÍRITO SANTO



## INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Oportunidades Minerais  
Exame Atualizado do Projeto, nº 32

Brasília - 2023

**SGBR**  
SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Alexandre Silveira de Oliveira

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

Vitor Eduardo de Almeida Saback

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB)**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Inácio Cavalcante Melo Neto

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

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

Francisco Valdir Silveira

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Maisa Bastos Abram

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

Guilherme Ferreira da Silva

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

Daliane Bandeira Eberhardt

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

Ioná de Abreu Cunha

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

Marcelo Esteves Almeida

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

Patrick Araújo dos Santos

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

Iago Sousa Lima Costa

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Düringer Jacques

#### **Chefe do Núcleo de Comunicação**

Heber Vieira de Oliveira

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

Lucas Victor de Alcântara Estevão

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

Hemilton Moraes Cunha

### **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

#### **Superintendente**

Lauro Gracindo Pizzatto

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

Maurício Pavan Silva

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

## **AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL**

---

# **PROJETO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL - ÁREA TURFA LINHARES**

Estado do Espírito Santo

### **ORGANIZADORES**

Hamilcar Tavares Vieira Junior  
Ricardo Gallart de Menezes  
Ruben Sardou Filho  
Eduardo Moussalle Grissolia  
Angeval Alves de Brito  
Ricardo Wosniak

### **INFORME DE RECURSOS MINERAIS**

Série Oportunidades Minerais Exame Atualizado de Projeto, nº 32



---

Brasília  
2023

## REALIZAÇÃO

Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

## AUTORES

Hamilcar Tavares Vieira Junior  
Eduardo Moussalle Grissolia  
Ricardo Gallart de Menezes  
Oliveira Américo Cavalcante  
Angeval Alves Brito  
Fábio Lima Noronha  
Élcio Rodrigues  
Ruben Sardou Filho  
José da Costa Pinto  
Ricardo Wosniak

## TEXTO EXPLICATIVO

### Resumo

Ricardo Gallart de Menezes

### 1. Introdução

Hamilcar Tavares Vieira Júnior  
Ricardo Wosniak

### 2. Localização, Infraestrutura e Logística

Angeval Alves de Brito  
Ricardo Gallart de Menezes

### 3. Aspectos Legais

Élcio Rodrigues  
Ruben Sardou Filho

### 4. Histórico do Projeto e Relatórios Compilados

Ricardo Gallart de Menezes  
Hamilcar Tavares Vieira Junior  
Ricardo Wosniak

### 5. Fisiografia

Hamilcar Tavares Vieira Junior

### 6. Considerações sobre a Turfa e Ocorrências no Brasil

Ricardo Gallart de Menezes  
Oliveira Américo Cavalcante

## 7. Geologia Regional

Ricardo Gallart de Menezes  
Oliveira Américo Cavalcante

## 8. Geologia das Áreas dos Depósitos e Características das Turfas

Ricardo Gallart de Menezes  
Oliveira Américo Cavalcante

## 9. Procedimentos de Resgate dos Dados Analógicos

José da Costa Pinto  
Ricardo Wosniak

## 10. Modelagem Geológica

Eduardo Mousalle Grissolia  
Ricardo Wosniak

## 11. Estimativas de Recursos

Eduardo Mousalle Grissolia  
Ricardo Wosniak

## 12. Lavra e Beneficiamento

Angeval Alves de Brito

## 13. Análise Econômica

Angeval Alves de Brito

## 14. Diagnóstico Socioambiental

Fábio Lima Noronha

## 15. Conclusões

Hamilcar Tavares Vieira Jr  
Eduardo Mousalle Grissolia  
Angeval Alves de Brito  
Ricardo Wosniak

## Referências

Hamilcar Tavares Vieira Jr  
Ricardo Gallart de Menezes

## APOIO TÉCNICO

Daniella Pascoal de Paiva Macedo  
(SUREG-SA)

## COLABORAÇÃO TÉCNICA, REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO

Ricardo Gallart de Menezes  
Ricardo Wosniak

## PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

### Capa (DIEDIG)

Lucas Victor de Alcantara Estevão

### Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

### Diagramação (NANA)

Aline da Silva Prado

## NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Margareth Moraes

## REVISÃO DO PROJETO

### Revisão do texto

Irinéia Barbosa da Silva

## Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM

www.sgb.gov.br  
seus@sgb.gov.br

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

P963 Projeto de Reavaliação do Patrimônio Mineral Área Turfa Linhares:  
Estado do Espírito Santo / Organizadores Hamilcar Tavares Vieira  
Júnior ... [et al.]. – Brasília: SGB/CPRM, 2023.  
1 recurso eletrônico : PDF. – (Informe de recursos minerais.  
Série oportunidades minerais. Exame atualizado de projeto ; 32)

Avaliação dos recursos minerais do Brasil.

ISBN 978-65-5664-389-2

1.Geologia econômica – Brasil – Espírito Santo. 2. Recursos  
minerais – Brasil – Espírito Santo. I. Vieira Junior, Hamilcar  
Tavares (org.). II. Menezes, Ricardo Gallart de (org.). III. Sardou  
Filho, Ruben (org.).IV. Grissolia, Eduardo Moussalle (org.).  
V. Brito, Angeval Alves de (org.). VI. Wosniak, Ricardo (org.).  
VII. Título. VIII. Série.

CDD 553.098152

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme – CRB/7 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)  
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

## FOTOS DA CAPA

Em cima, da esquerda para a direita:

1. Fardos de turfa dos depósitos da região de Rekyá, Lituânia;
2. Canal aberto para escoamento de águas em área alagada com ocorrências de turfa;

Em baixo:

3. Aspecto das áreas de processo, aparecendo ao fundo planície alagada com ocorrências de turfa e, em primeiro plano, depósitos arenosos de terraços marinhos.

# APRESENTAÇÃO

---

O **Ministério de Minas e Energia**, por intermédio do **Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)**, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral, o **Informe da Série Oportunidades Mineraias – Exame Atualizado de Projetos nº 32 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral - Área Turfa Linhares**.

Este produto foi realizado a partir do Programa “**Geologia, Mineração e Transformação Mineral**” e da Ação “**Avaliação dos Recursos Mineraias do Brasil**”. Desta forma, o SGB/CPRM produz e gerencia acervos expressivos de dados e informações geológicas em todo território nacional, o que possibilita a realização de projetos de avaliação de potencial mineral, que disponibilizam o estado da arte do conhecimento geológico e dos recursos mineraias em escala regional.

O Projeto de Reavaliação do Patrimônio Mineral do SGB/CPRM tem como objetivo resgatar e reavaliar dados geológico, geoquímicos e geofísicos gerados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Mineraias 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, integrando-os e reinterpretando-os à luz do conhecimento geológico atual. O projeto é de responsabilidade da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória - (DIEMGE), sob a coordenação-geral do Departamento de Recursos Mineraias – (DEREM), da Diretoria de Geologia e Mineração - (DGM). Neste sentido, o SGB/CPRM apresenta o presente produto com intuito de disponibilizar dados reavaliados sob a ótica de técnicas mais modernas dos recursos de turfa que constituem ativos da empresa situados no município de Linhares, na faixa costeira no norte do estado do Espírito Santo. O trabalho deverá servir de parâmetro para avaliações econômicas em nível conceitual que permitam estimar o valor do ativo mineral e a melhor forma de atuação do SGB/CPRM em futuras licitações para as demais substâncias que compõem seu portfólio. O SGB/CPRM detém 332 processos de direitos mineraias ativos no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), em fases variáveis entre alvarás e relatórios finais de pesquisa, os quais constituem 30 blocos de áreas distribuídos por todo o país. Os bens mineraias que compõem o portfólio da instituição, com a quantidade de blocos de áreas pertinentes a cada substância indicados entre parênteses, são: fosfato (1), cobre (1), chumbo (1), zinco (1), ouro (3), caulim (1), níquel laterítico (2), gipsita (1), carvão (5), turfa (9), diamante (2), nióbio (1), terras-raras (1) e calcário (1). O presente Informe Mineral apresenta resultados da modelagem e interpretação dos dados geológicos obtidos durante trabalhos de pesquisa realizados na década de 1980 nas áreas da CPRM, que permitiram esboçar um modelo geológico tridimensional para as camadas de turfa na área de estudo e quantificar seus recursos em bases mais consistentes.

**Inácio Cavalcante Melo Neto**

Diretor-Presidente

**Francisco Valdir Silveira**

Diretor de Geologia e Recursos Mineraias

## RESUMO

---

O foco do presente trabalho consiste em ocorrências de turfa localizadas ao longo da faixa litorânea no norte do estado do Espírito Santo, nos municípios de Linhares e São Mateus. O Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) detém direitos minerais/patrimoniais de onze áreas, distribuídas entre as localidades de Povoação, próximo à foz do Rio Doce, e Barra Nova, na foz do Rio Mariricu, ao norte, em uma extensão de mais de 100 km. Globalmente, as áreas de direitos minerários ultrapassam 7.000 ha, com algumas delas portando camadas de turfa que se estendem, longitudinalmente, por mais de 10 km. Os direitos de mineração do SGB-CPRM para turfa estão relacionados aos processos 890.057/84, 890.058/84, 890.044/84, 890.045/84, 890.056/84, 890.050/84 a 890.052/84 e 890.061 a 890.063/84, todos ainda ativos. As ocorrências de turfa estão inseridas em uma planície costeira formada por sedimentos com idades que variam do Pleistoceno ao Holoceno, compreendendo terraços arenosos marinhos antigos e recentes, em grande parte, estruturados como cordões litorâneos subparalelos à linha de costa, além de sedimentos fluviolagunares e fluviais, constituindo amplas planícies aluviais formadas pela Bacia do Rio Doce junto a sua foz no Oceano Atlântico. As ocorrências de turfa estão associadas a áreas alagadas e pantanosas em ambientes normalmente de características mistas, ou seja, parálico-límnico, inicialmente desenvolvidas em depressões lagunares entre pretéritas dunas originárias de terraços marinhos, isoladas e controladas pelo alinhamento de cordões litorâneos. Em função desse condicionamento, as turfeiras quase sempre ocorrem alinhadas em torno da direção N-S, subparalelas à linha de costa. As ocorrências de turfa nas áreas de pesquisa do SGB/CPRM configuram quatro depósitos: Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce e Sutar. A sequência estratigráfica indica, em geral, um capeamento de solo húmico sobre um nível de turfa com característica principalmente fibrosa, que tende a hêmica em níveis intermediários, seguido por um horizonte de turfa argilosa e/ou argilo-turfácea, a qual limitada na base por um nível argiloso de cor marrom a preta, localmente impregnado de matéria orgânica semidecomposta, com fração arenosa subordinada. O embasamento dessa camada argilosa, frequentemente, apresenta areias de cor bege a cinza, granulometria fina a média, bem selecionadas, presumivelmente ligadas à sedimentação marinha. No geral, a turfa fibrosa é predominante nas ocorrências, com espessuras médias variando entre 1 m a 1,60 m, localmente atingindo até 2,9 m, como registrado na Turfeira Rio Doce. De acordo com os dados avaliados, os teores de cinzas em base seca, considerados relativamente baixos, estão situados entre 3,73% e 13,39%, com teor médio de 7,39%. O poder calorífico, por sua vez, é considerado alto, variando de 3.831 cal/g a 5.357 cal/g, com uma média de 5.000 cal/g. A umidade, calculada com base em uma densidade média de 0,09% (*dry bulk density*), apresenta valor de 91,6%, enquanto a média do carbono fixo, em base seca, de 25,56%. Dados da modelagem apontam volumes totais de minério da ordem de 14,2 milhões de toneladas de turfa, um valor 47% superior à quantidade de turfa contabilizada anteriormente para as reservas medidas e de 25,6% em relação às reservas totais (medida+indicada+inferida), apresentando a Turfeira Córrego Grande do Meio o maior volume de minério, seguido pelas turfeiras Sutar, Barra Seca e Rio Doce. Por se tratarem de dados históricos, onde requisitos mínimos não foram atendidos, conforme exige o código internacional JORC, os recursos obtidos pela modelagem são classificados como uma estimativa do potencial exploratório. Porém, independente disso, eles são considerados extremamente significativos. Um aspecto que deve ser considerado diz respeito à presença de estruturas de produção ligadas às operações de óleo e gás da Petrobras, enterradas ou na superfície, em quase todas as áreas do SGB/CPRM, demandando a necessidade de providências junto ao órgão regulador de mineração (ANM) e até mesmo junto à petrolífera, com vista a eventuais procedimentos compensatórios.

## ABSTRACT

---

*The focus of the present work consists of occurrences of peat located along the coastal strip to the north of the State of Espírito Santo, in the municipalities of Linhares and São Mateus. CPRM - Geological Service of Brazil, holds mineral/patrimonial rights in eleven areas, distributed between the towns of Povoação, near the mouth of the Doce River, and Barra Nova, at the mouth of the Mariricu River, in the north, with an extension of more than 100 km. Globally, mining rights areas exceed 7,000 ha, with some of them bearing layers of peat that extend, longitudinally, for more than 10 km. CPRM mining rights for peat are related to processes 890.057 / 84, 890.058 / 84, 890.044 / 84, 890.045 / 84, 890.056 / 84, 890.050 / 84 to 890.052 / 84 and 890.061 to 890.063 / 84, all of which still active. The peat occurrences are inserted in a coastal plain formed by sediments with ages ranging from the Pleistocene to the Holocene, comprising ancient and recent marine sandy terraces, largely structured as coastal strands parallel to the coastline, in addition to fluvio-lagoon sediments and fluvial, these constituting broad alluvial plains formed by the Doce River basin near its mouth in the Atlantic Ocean. Peat occurrences are associated with wetlands and swampy areas in environments normally of mixed characteristics, that is, paralytic-limnic, initially developed in lagoon depressions between past dunes originated from marine terraces, isolated and controlled by the alignment of coastal strings. Because of this conditioning, the peatlands almost always occur aligned around to the N-S direction, subparallel to the coastline. The occurrences of peat in the research areas of CPRM configure four deposits, called Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce and Sutar. The stratigraphic sequence indicates, in general, a humic soil capping over a level of peat with mainly fibrous characteristics, which tends to humic in intermediate levels, followed by a horizon of clay peat and/or peat clay, which is limited at the base by a clayey level of brown to black color, locally impregnated with semi-composed organic matter, with subordinate sandy fraction. The basement of this clay layer often has beige to gray sands, fine to medium granulometry, well selected, presumably linked to marine sedimentation. In general, fibrous peat is predominant in the occurrences, with average thickness varying in the deposits between 1 m to 1.60 m, locally reaching up to 2.9 m, as registered in the Rio Doce peat. According to the data evaluated, the ash content on a dry basis, considered relatively low, is between 3.73% and 13.39%, with an average content of 7.39%. The calorific value, in turn, is considered high, ranging from 3,831 cal/g to 5,357 cal/g, with an average of 5,000 g/cal. The humidity, calculated based on an average density of 0.09% (dry bulk density), presents a value of 91.6%, while the average of the fixed carbon on a dry basis is 25.56%. Modeling data indicate 14.2 million tons of peat, an amount 47% higher than the previously blocked measured reservations and 25.6% in relation to total reserves (measured+indicated+inferred), with the Córrego Grande do Meio peat the largest volume of ore, followed by the Sutar, Barra Seca and Rio Doce peat bogs. As they are historical data, where minimum requirements have not been met, as required by the international JORC code, the resources obtained by the modeling are classified as an estimate of the exploratory potential. However, regardless of that, they are considered extremely significant. One aspect that must be considered concerns the presence of production structures linked to Petrobras oil and gas operations, buried or on the surface, in almost all areas of CPRM, demanding the need for action with the mining regulatory agency (ANM – Agência Nacional de Mineração) and even with the oil company, with a view to possible compensatory procedures.*

# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA .....</b>	<b>10</b>
2.1. INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA.....	10
2.2. INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA .....	10
2.3. INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA.....	11
2.4. INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA.....	11
2.5. INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA.....	12
<b>3. ASPECTOS LEGAIS .....</b>	<b>15</b>
<b>4. HISTÓRICO DO PROJETO E RELATÓRIOS COMPILADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5. FISIOGRAFIA .....</b>	<b>22</b>
5.1. CLIMA .....	22
5.2. VEGETAÇÃO .....	22
5.3. GEOMORFOLOGIA E SOLO .....	25
5.4. HIDROGRAFIA .....	27
<b>6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TURFA E OCORRÊNCIAS NO BRASIL .....</b>	<b>29</b>
<b>7. GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>34</b>
<b>8. GEOLOGIA DAS ÁREAS DOS DEPÓSITOS E CARACTERÍSTICAS DAS TURFAS .....</b>	<b>38</b>
<b>9. PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS .....</b>	<b>43</b>
9.1. ESCAVAÇÕES E SONDAJENS.....	43
9.1.1. Resgate dos Perfis Descritivos dos furos de sondagem .....	46
<b>10. MODELAGEM GEOLÓGICA .....</b>	<b>47</b>
10.1. METODOLOGIA.....	49
10.2. MODELAGEM GEOLÓGICA DO DEPÓSITO .....	51
<b>11. ESTIMATIVA DE RECURSOS .....</b>	<b>68</b>
11.1. REGULARIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	68
11.2. MODELOS DE BLOCOS.....	68
11.3. METODOLOGIA DE ESTIMATIVA .....	69
11.4. QUADRO DE RECURSOS .....	88
11.5. CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS.....	89
<b>12. LAVRA E BENEFICIAMENTO.....</b>	<b>92</b>
12.1. LAVRA .....	92
12.1.1. Processo para a produção de Turfa moída por raspagem .....	92
12.1.2. Processo para a produção de turfa moída por aspiração .....	93
12.1.3. Processo para a produção de turfa extrudada .....	93

12.1.4. Processo de produção da turfa por meio hidráulico.....	93
12.2. BENEFICIAMENTO .....	93
12.2.1. Briquetagem e Peletização.....	93
12.2.1.1. Homogeneização .....	93
12.2.1.2. Secagem .....	93
12.2.2. Carbonização úmida.....	94
<b>13. ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>95</b>
<b>14. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL.....</b>	<b>97</b>
14.1. RECURSOS HÍDRICOS .....	97
14.2. ECOSSISTEMAS E BIODIVERSIDADE .....	99
14.3. USO DO SOLO .....	101
14.3.1. Considerações sobre as poligonais pesquisadas .....	102
14.4. ESPAÇOS TERRITORIAIS PROTEGIDOS OU RESTRITIVOS .....	105
14.4.1. Áreas de preservação permanente (APPS).....	106
14.4.2. Unidades de conservação (UC).....	108
14.4.3. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) .....	108
14.4.4. Potencial para sítios Arqueológicos e Paleontológicos.....	111
14.4.5. Áreas de Regularização Fundiária (Assentamentos) .....	111
14.4.6. Áreas indígenas e quilombolas.....	111
14.5. SOCIOECONOMIA .....	113
14.6. IMPACTOS POTENCIAIS.....	113
<b>15. CONCLUSÕES .....</b>	<b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>117</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o SGB/CPRM detém 332 processos de direitos minerários ativos na ANM, em fases variáveis entre alvarás e relatórios finais de pesquisa aprovados, os quais constituem 30 blocos de áreas (Figura 1.1), referentes a 14 bens minerais, distribuídos por todo o país. Dentre as substâncias que constituem o portfólio da empresa, incluem-se fosfato (1), cobre (1), chumbo (1), zinco (1), ouro (3), caulim (1), níquel laterítico (2), gipsita (1), carvão (5), turfa (9), diamante (2), nióbio (1), terras raras (1) e calcário (1).

O Projeto Turfa Linhares, incluído dentro dos trabalhos de reavaliação do patrimônio mineral do SGB/CPRM, abrange parte das áreas selecionadas pelos estudos para pesquisa de turfa no Espírito Santo, criados na esteira de

uma política governamental de mobilização energética na década de 1970. Desses estudos preliminares, desenvolvidos entre julho de 1979 e fevereiro de 1980, foram definidos três grandes blocos de áreas para pesquisa de turfa no estado, um deles, o Bloco 1, abrangendo os processos ora abordados pelo presente projeto.

O trabalho compreendeu estudos de: (i) fotointerpretação, (ii) pesquisa bibliográfica, (iii) mapeamento geológico com elaboração de perfis de detalhe, (iv) mapeamento topográfico, (v) sondagens a trado, (vi) análises químicas imediatas e elementar, além de palinológicas e micropaleontológicas e (vii) cálculo de reservas, ensaios de beneficiamento e estudos de demonstração de exequibilidade de lavra.

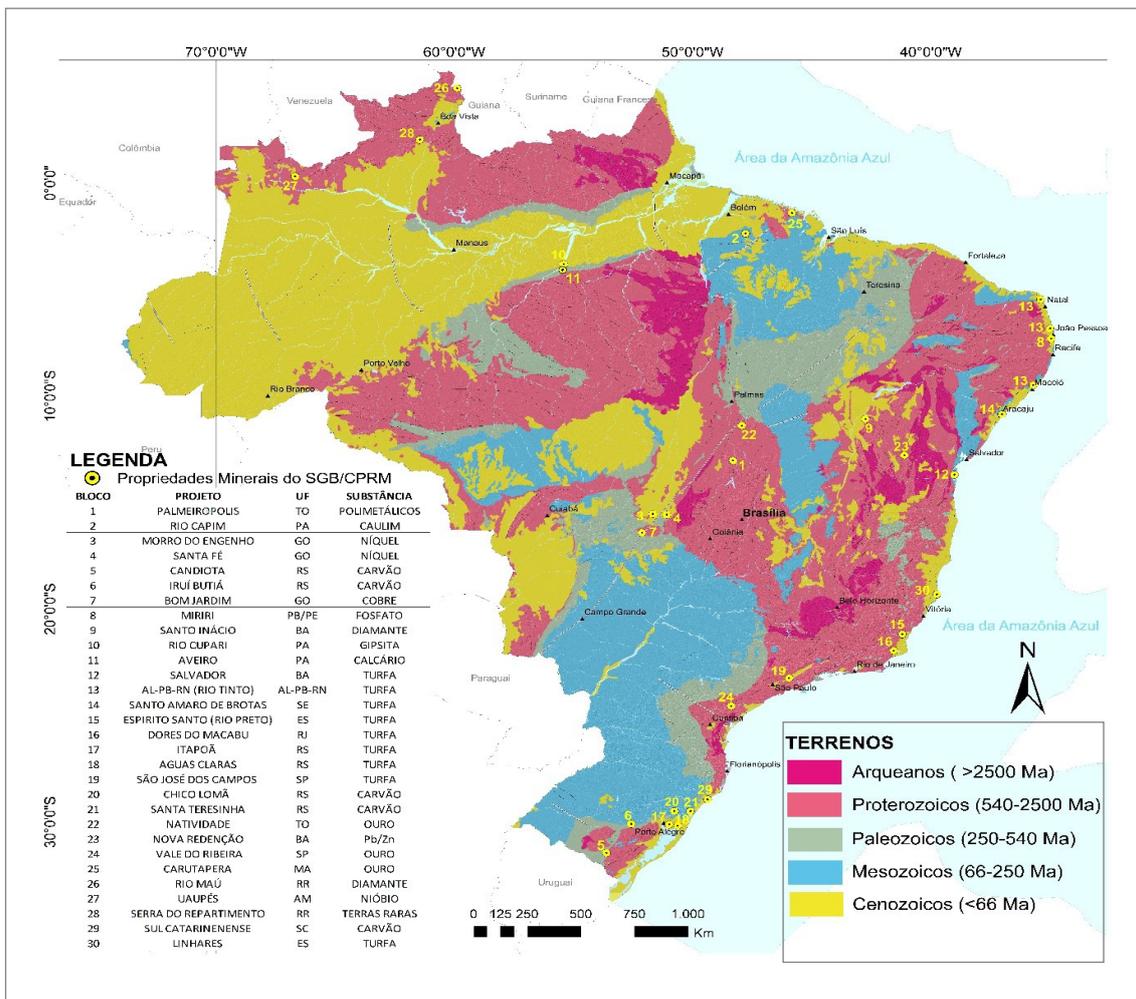


Figura 1.1 - Mapa com a localização dos blocos de áreas de direitos minerários do SGB/CPRM. Elaboração: Ricardo Wosniak

Quatro depósitos, relacionados as áreas de processos requeridas à ANM, foram caracterizados: Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce e Sutar, onde foram realizados 326 furos a trado, perfazendo 494,38 m, com 134 amostragens de turfa, sendo 117 analisadas.

O Projeto Turfa Linhares teve como objetivo resgatar e reavaliar todos os dados disponibilizados pelos projetos de pesquisa para turfa realizados na faixa litorânea norte do estado, relativos a 11 polígonos protocolizados junto à ANM, consolidados em quatro relatórios referentes aos processos 890.057/84, 890.58/84 (Córrego Grande do Meio), 890.044/84, 890.045/84, 890.056/84 (Barra Seca), 890.050/84 (Rio Doce), 890.051/84, 890.052/84, 890.061/84, 890.062/84 e 890.063/84 (Sutar).

Os estudos para reavaliação compreenderam a recuperação dos dados obtidos de trabalhos de campo relativos aos furos de sonda a trado, transformados em formatos digitais e vetorizados, assim como de seus perfis e dados analíticos diversos, e mapas geológicos. Os boletins históricos de sondagem e de ensaios analíticos resgatados foram organizados em pastas específicas, conforme determina as normas internacionais aplicadas à exploração mineral.

Entre as atividades desenvolvidas pelo Projeto Turfa Linhares, constou um reconhecimento *in loco* da região, que teve como objetivo avaliar a sua infraestrutura e logística, identificar os locais com os furos de sondagem, assim como levantar a situação das áreas de processo do SGB/CPRM, sobretudo com respeito a eventuais ocupações por terceiros, com elaboração de diagnósticos e proposições de medidas para devidos ajustes.

Visando maximizar a confiança nos dados originais dos trabalhos históricos, foi realizada a consistência dos

dados resgatados, inserindo no banco de dados para os estudos de modelagem apenas aqueles considerados válidos. Para melhor entendimento geológico e da aplicabilidade das técnicas exploratórias utilizadas no passado, foram consultadas diversas fontes de estudos sobre a gênese das jazidas.

A modelagem tridimensional dos corpos de minério foi realizada em escala compatível, baseada na altimetria SRTM usada e corrigida com dados de amarração obtidos em campo, todos devidamente localizados espacialmente.

O modelo de blocos foi validado para verificação de ajuste/perda/ganho de material (litologia/geologia) e validação da interpolação de teores. O *software* Strat 3D (versão 2.1.75.0) foi utilizado para integração de todos os dados disponibilizados em ambiente SIG (dados 2D) e na plataforma CAE *mining* (dados 3D), para gerar o modelo e parametrizar os recursos.

O cálculo dos recursos foi realizado com base nas orientações contidas nos códigos JORC (*Joint Ore Reserves Committee*), da Austrália, e NI43-101, do Canadá. Contudo, deve-se considerar que, por se tratar de dados históricos, não se pode garantir o seguimento dessas normas por completo.

O presente relatório foi conduzido pelo Departamento de Recursos Minerais (DEREM), por meio da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE) e com apoio das superintendências regionais de Belo Horizonte e São Paulo, assim como com suporte das divisões de Sensoriamento Remoto e Geofísica, Geoquímica e Cartografia. Todas as atividades foram acompanhadas por um ou mais técnicos do SGB/CPRM não ligados à DIEMGE, possibilitando assim treinamento e transferência de conhecimento em avaliação de recursos minerais.

## 2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

---

Os depósitos de turfa estão localizados ao longo da faixa costeira no norte capixaba, distribuídos entre as localidades de Povoação, junto à foz do Rio Doce, no extremo sul do município de Linhares, e Barra Nova, na foz do Rio Mariricu, já no município de São Mateus, uma extensão com mais de 100 km. A cidade de Linhares, principal polo regional, situada a pouco mais de 30 km a oeste dos principais depósitos, está distante 130 km a norte da capital do estado, Vitória, com acesso direto pela rodovia BR-101.

A Figura 2.1 retrata o aspecto da paisagem que caracteriza toda a faixa costeira do norte do estado do Espírito Santo e onde estão localizadas as áreas de processo do SGB-CPRM com os depósitos de turfa.

### 2.1. INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

A malha viária do estado e da região de influência do projeto permite fácil acesso aos depósitos de turfa, tanto

pela cidade de São Mateus, a norte, como por Linhares, tendo como vertente a rodovia federal BR-101. A partir de Linhares é possível acessar a região das turfeiras, tanto por meio da estrada de terra ES-440, que leva a Vila de Regência, na margem sul e junto a foz do Rio Doce, no Oceano Atlântico, como pelo sistema formado pelas rodovias estaduais ES-248, ES-245, ES-010 e ES-358, as três primeiras não pavimentadas. Uma expressiva rede de estradas vicinais, com boas condições de tráfego, interliga-se a essas vias e permite alcançar todos os depósitos situados a norte de Vila Regência, entre eles o mais setentrional e com maior volume de minério, o de Córrego Grande do Meio, já no vizinho município de São Mateus.

Devido à forte presença de atividades de exploração de petróleo e gás pela Petrobras na região, essas vias vicinais recebem constante manutenção, já que veículos de grande porte e de de apoio são rotineiros ao longo das mesmas.



**Figura 2.1** - Aspecto da paisagem física característica da região, onde inseridos os depósitos de turfa relativos aos processos do SGB/CPRM no norte capixaba (Foto: Hamilcar Tavares Vieira Júnior).

## 2.2. INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA

O estado do Espírito Santo possui um dos mais importantes complexos portuários do Brasil, sendo considerado um dos mais eficientes da América Latina para comércio exterior. Dispõe de excelente infraestrutura logística e localização privilegiada, permitindo elevada condição de competitividade. A infraestrutura portuária compreende os complexos de Tubarão e Vitória, o primeiro operado pela Vale S/A e, o de Vitória, pela Cia. Docas do Espírito Santo (Codesa), ambos ligados a troncos ferroviários e com diversos terminais, com infraestrutura para movimentação de cargas gerais, cargas unitizadas (pallets, RO-RO e contêineres) e cargas a granel líquidas e sólidas. Além do Porto da Praia Mole, integrado ao Complexo de Tubarão, outros terminais no estado incluem os portos de Portocel (Aracruz Celulose), UBU (Samarco) e o de Regência, este operado pela Transpetro, que ainda dispõe de diversos terminais para escoamento

de petróleo e gás, assim como para suporte às plataformas de petróleo localizadas ao largo da costa capixaba. Segundo o Sindamares, essa infraestrutura portuária (Figura 2.2) movimenta 25% de todas as mercadorias que entram e saem do país.

## 2.3. INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

O único tronco ferroviário do estado é a Estrada de Ferro Vitória-Minas, operada pela Vale S/A, que é responsável pela movimentação de 40% da carga ferroviária do país, mesmo representando apenas 3% da malha ferroviária nacional. Consiste de um trecho com 905 km em bitola métrica, que une a região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, aos portos de Portocel, Tubarão e Vitória na costa capixaba.

Em tratativas, discute-se a implantação de um tronco ferroviário, a Estrada de Ferro EF-118, com quase 600 km de extensão, conectando a

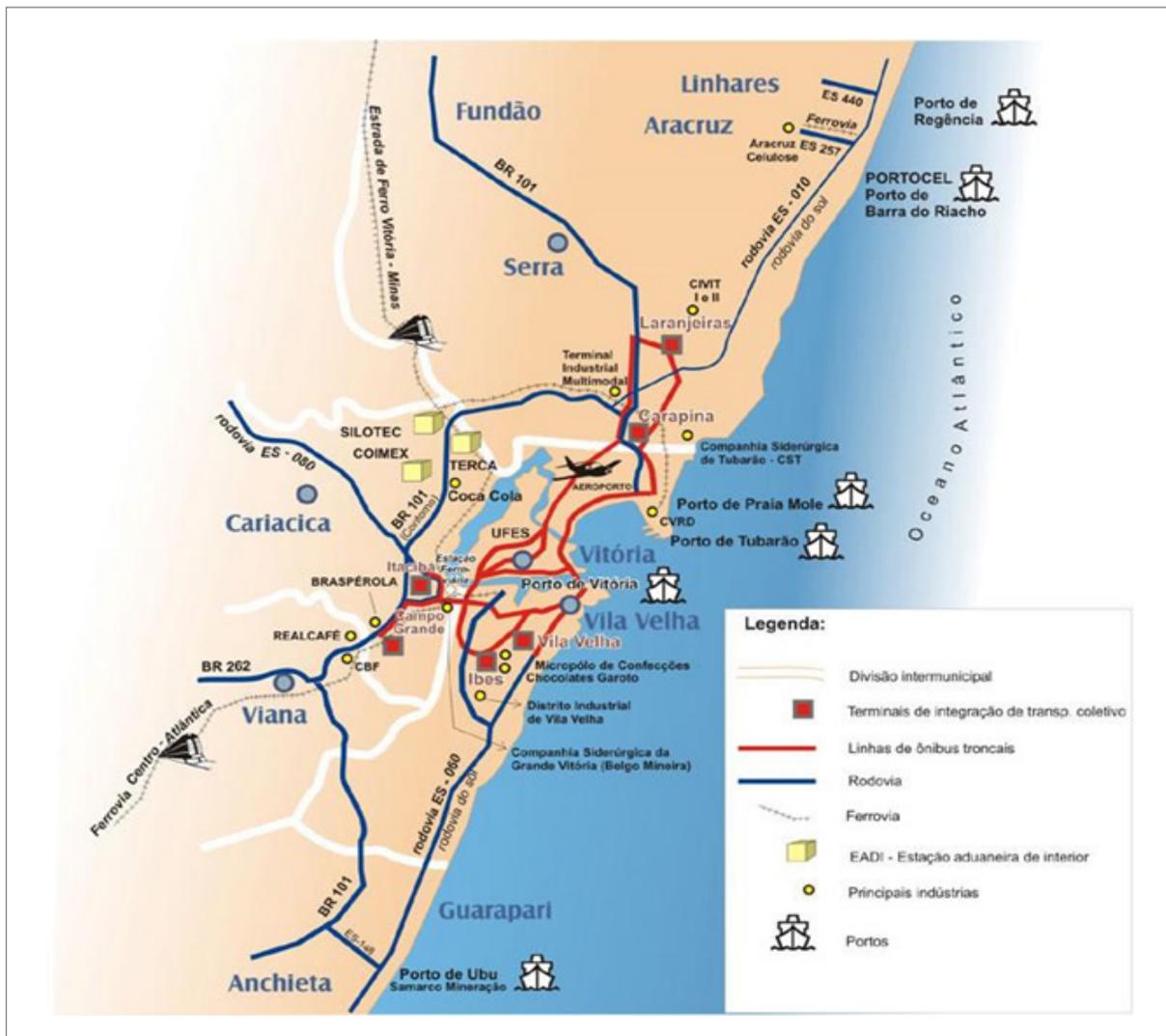


Figura 2.2 - Infraestrutura portuária do estado do Espírito Santo e vias de acesso (<http://www.blicomex.com.br/infra-estrutura-logistica-do-espírito-santo/>)

malha ferroviária de bitola larga da MRS Logística, a partir de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, à Ferrovia Vitória-Minas, em Cariacica, na Grande Vitória. Se execução do projeto for confirmada, essa ferrovia, orçada em quase R\$8 bilhões, ligará os complexos portuários dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

## 2.4. INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

A cidade de Linhares dispõe do Aeroporto Municipal Antônio Edson de Azevedo Lima (Figura 2.3), com 1.350 metros de pista pavimentada, que é utilizado para pouso de pequenas e médias aeronaves. Atualmente, não se operam voos regulares para esse aeroporto. A opção para deslocamento aéreo é através do Aeroporto Internacional de Vitória, que possui voos regulares para as principais cidades do país e dista pouco mais de 100 km das áreas de pesquisa de turfa do SGB/CPRM.

## 2.5. INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA

No estado do Espírito Santo, 21,4% da energia elétrica demandada é proveniente de fontes renováveis, como eletricidade hidráulica e biomassa, notadamente derivadas da cana-de-açúcar e lixívia. A oferta interna de energia bruta no estado, que é o total demandado por fontes renováveis e não renováveis, corresponde a 10,733 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep). Entretanto, a maior produção com potencial energético do Espírito Santo não é para gerar eletricidade e vem de

fonte não renovável: o petróleo. Sozinho, corresponde a 77,8% de tudo o que é produzido em termos de energia no território capixaba. Entre os renováveis, o maior destaque é para a lixívia, com 4,1%, seguida de cana-de-açúcar (1,1%), utilizados em unidades termelétricas (UTE).

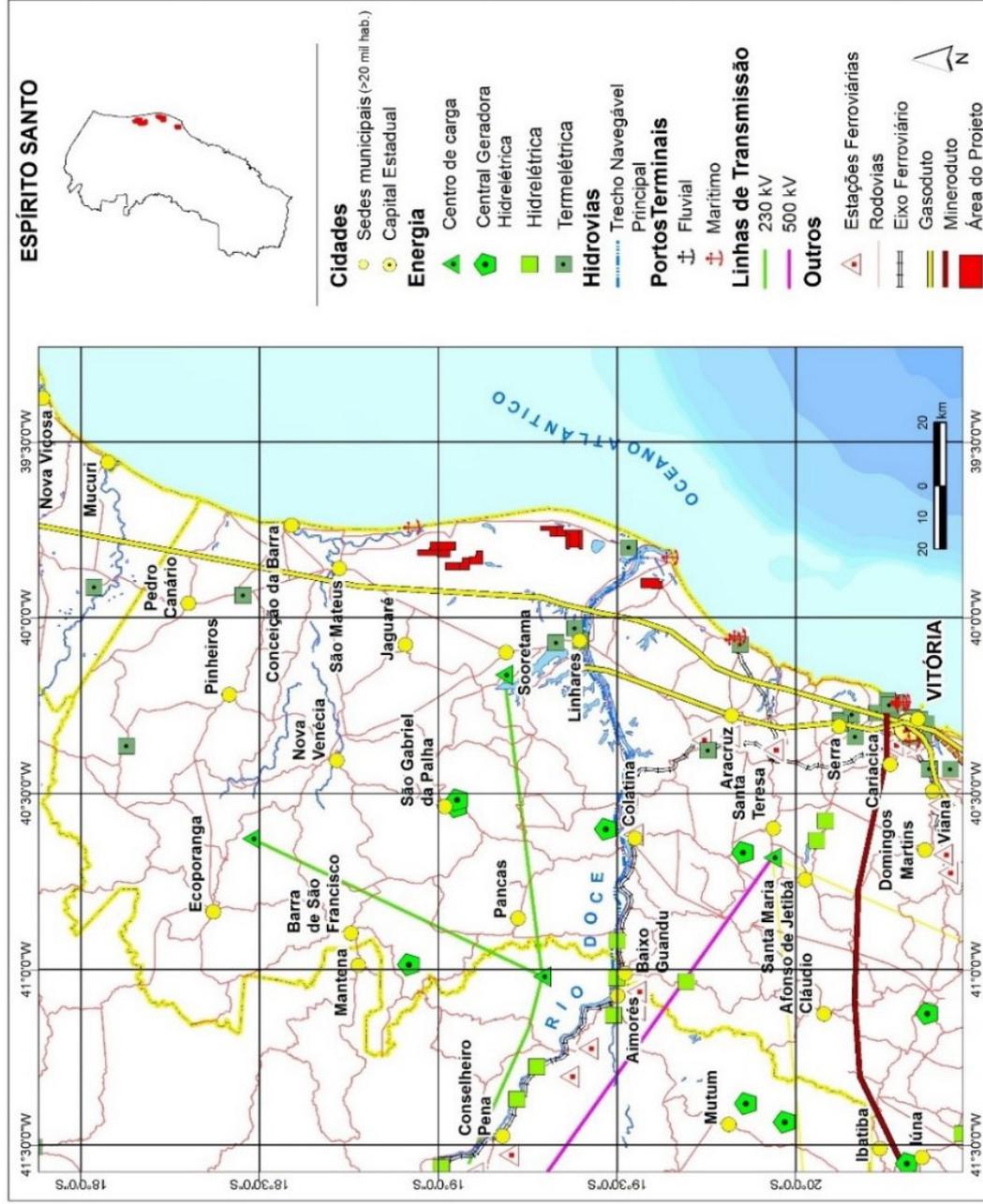
A lixívia consiste em um resíduo licoroso, de cor negra, proveniente da madeira beneficiada para celulose em processo de cogeração industrial, que é utilizada em usinas da própria indústria, que tem na Aracruz Celulose seu expoente no norte do estado.

Duas concessionárias de energia elétrica respondem pela distribuição de energia elétrica do Espírito Santo. A principal é a EDP Espírito Santo, que atende a quase 90% da demanda estadual, enquanto os 10% restantes ficam com a empresa Energia Luz e Força Santa Maria (ELSSM). Suas principais unidades de geração elétrica, por via hidráulica, consistem de usinas hidrelétricas em fio d'água (UHE), pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e centrais geradoras hidrelétricas (CGH). A infraestrutura para geração de energia elétrica inclui, ainda, conforme dados da ANEEL, mais de três dezenas de unidades termelétricas em operação, a grande maioria privada, movidas basicamente por combustíveis fósseis, notadamente derivados de petróleo. A demanda elétrica do estado é complementada por energia produzida externamente.

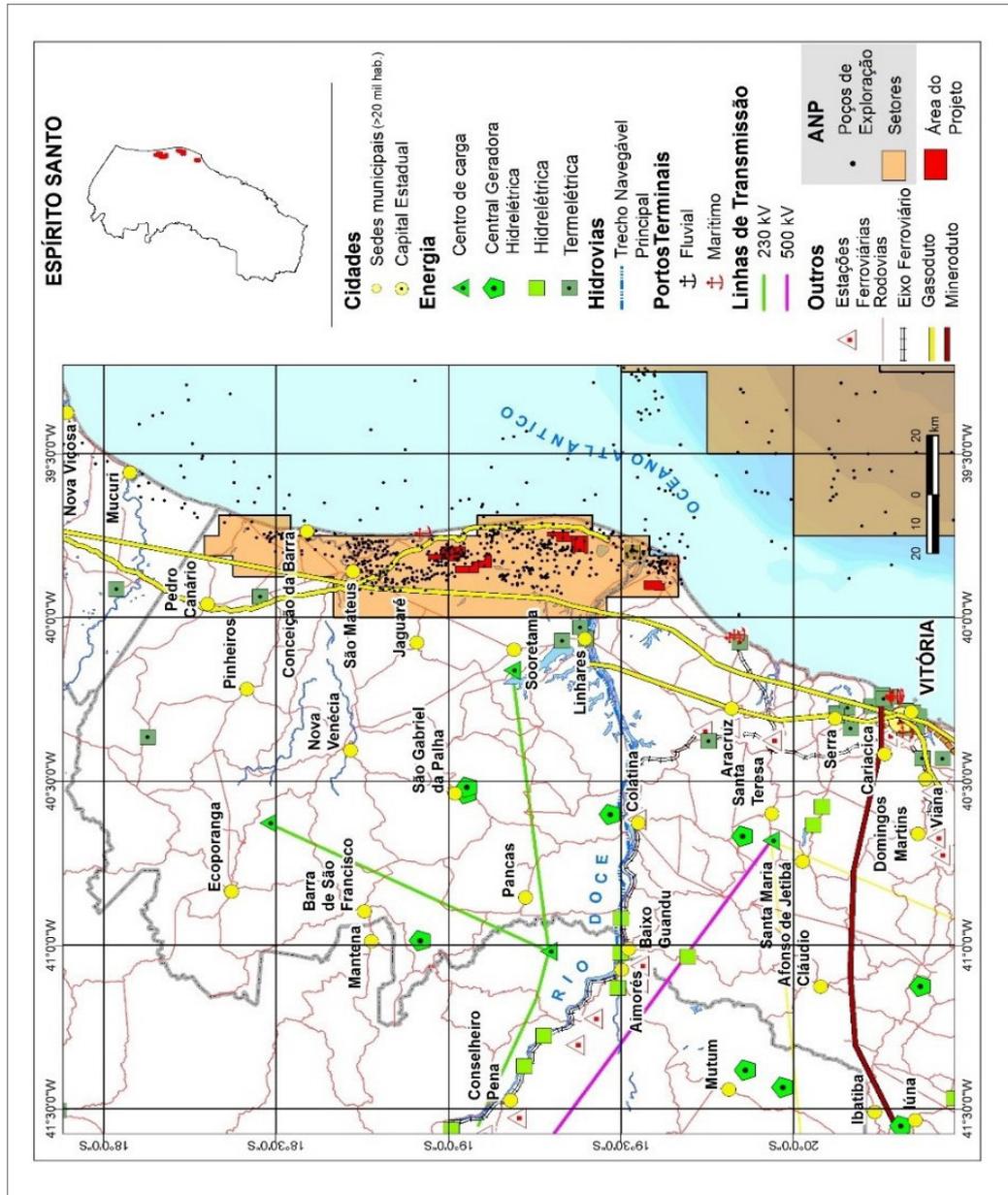
Na Figura 2.4 é mostrada a infraestrutura energética na região onde estão situadas as áreas de pesquisa de turfa do SGB/CPRM, enquanto na Figura 2.5 é destacada a presença da infraestrutura de gás e óleo da Petrobras, notadamente pontos de extração terrestres de petróleo e gasodutos.



**Figura 2.3** - Aspecto da fachada do acesso ao Aeroporto de Linhares (Foto: Hamilcar Tavares Vieira Júnior).



**Figura 2.4** - Infraestrutura energética na região do projeto onde estão localizados os polígonos das áreas de pesquisa de turfa do SGB/CPRM (Elaboração: Hamilcar Tavares Vieira Júnior).

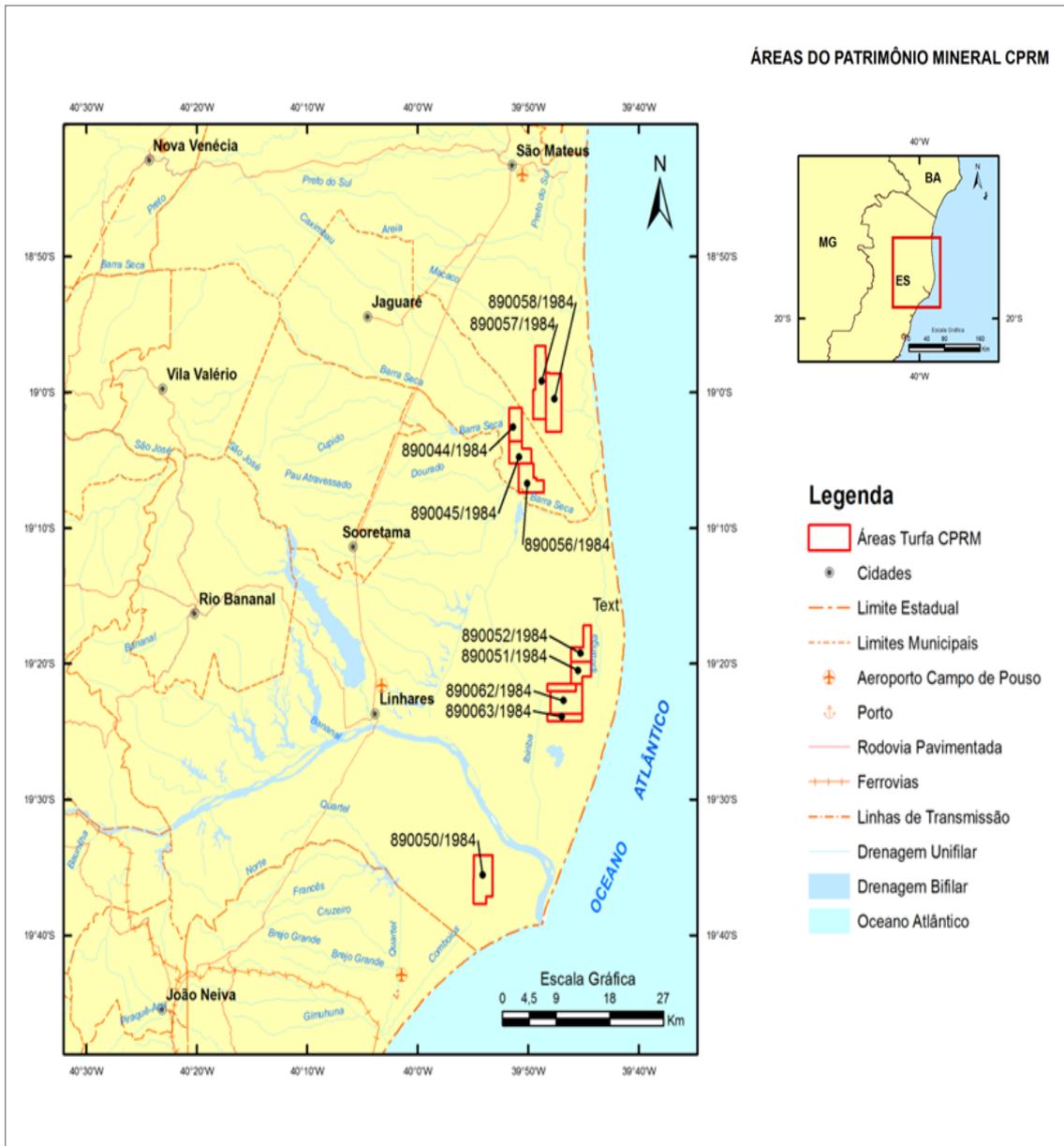


**Figura 2.5** - Mapa da região do projeto com os polígonos do SGB/CPRM. Em destaque, a densa presença de estruturas ligadas a campos de produção terrestre de óleo e gás da Petrobras, e sua interferência nas áreas de processo para pesquisa de turfa (Elaboração: Hamílcar T. Vieira Júnior).

### 3. ASPECTOS LEGAIS

Todas as 11 áreas do Projeto Turfa Linhares apresentam relatórios finais de pesquisa aprovados junto à ANM, cujas poligonais, localizadas no âmbito dos municípios de Linhares e São Mateus, no nordeste do estado do Espírito Santo, podem ser observadas na Figura 3.1, onde estão identificadas através de seus números protocolizados para a pesquisa.

Na Tabela 3.1, esses processos são apresentados de forma sumarizada, onde estão contemplados, entre outros, dados relativos as reservas totais (medida+indicada+inferida) até então computadas para cada processo e sua área final efetivamente consolidada junto ao DNPM. A Tabela 3.2, por sua vez, apresenta um detalhado levantamento dos aspectos legais dos processos, com todos os seus eventos.



**Figura 3.1** - Poligonais das áreas de pesquisa para turfa do SGB/CPRM no nordeste capixaba, identificadas por seus números de processo (Elaboração: Hamilcar Tavares Vieira Júnior).

**Tabela 3.1** - Dados sumarizados relativos aos processos de pesquisa para turfa do SGB/CPRM no norte capixaba, utilizados nos estudos de reavaliação do patrimônio mineral.

PROCESSO Nº	MUNICÍPIO (S)	ÁREA (ha)	ALVARÁ	DOU RFP	RESERVAS TOTAIS (t)	ÁREA FINAL (ha)
890.061/84	Linhares	447	767	09/12/91	567.303	450
890.052/84	Linhares	2.000	770	09/12/91	639.992	1.000
890.062/84	Linhares	2.000	2.883	09/12/91	1.339.520	1.598
890.063/84	Linhares	2.000	2.882	09/12/91	480.931	549,80
890.051/84	Linhares	2.000	768	09/12/91	780.385	820
890.044/84	São Mateus e Linhares	2.000	766	09/12/91	694.867	900
890.045/84	São Mateus e Linhares	2.000	769	09/12/91	459.601	900
890.056/84	São Mateus e Linhares	2.000	685	09/12/91	510.357	1.234
890.058/84	São Mateus	2.000	2.884	09/12/91	1.568.974	1.982,02
890.050/84	Linhares	2.000	5.566	09/12/91	2.641.628	1.873,02
890.057/84	São Mateus	2.000	769	09/12/91	1.627.965	1.782,03

**Tabela 3.2** - Histórico detalhado dos aspectos legais de cada processo de pesquisa do Projeto Turfa Linhares.

<b>PROCESSO DNPM Nº 890.061/84 (ES-18/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, no município de Linhares-ES, numa área de 447,00 ha.	01 a 44
DOU 04/02/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 767 de 29/01/86, para uma área de 450,00 ha.	52
20/06/88	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.051/84 - 890.052/84 - 890.062/84 - 890.063/84.	59 a 63
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 521.772 t.	68
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 76</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.052/84 (ES-09/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, no município de Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 04/02/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 770 de 29/01/86, para uma área de 1.000,00 ha.	57
20/06/88	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.051/84 - 890.052/84 - 890.062/84 - 890.063/84.	64 a 68
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 514.025 t.	73
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 81.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.062/84 (ES-19/84).</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, no município de Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 24/06/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 2883 de 19/06/86, para uma área de 1.598,80 ha.	58
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 80.</b>		

(Continua)

**Tabela 3.2** - Histórico detalhado dos aspectos legais de cada processo de pesquisa do Projeto Turfa Linhares (continuação).

<b>PROCESSO DNPM Nº 890.062/84 (ES-19/84).</b>		
20/06/88	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.051/84 - 890.052/84 - 890.062/84 - 890.063/84.	61 a 68
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 1.184.000 t.	72
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 80.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.051/84 (ES-08/84) – VOL I E II</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
Vol I		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, no município de Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 04/02/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 768 de 29/01/86, para uma área de 820,00 ha.	57
20/06/88	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.051/84 - 890.052/84 - 890.062/84 - 890.063/84. RFP neste processo.	64 a 314
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 733.198 t.	318
Volume I encerra as folhas 327.		
<b>ÚLTIMA FOLHA DO VOLUME II FOLHAS 328.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.044/84 (ES-01/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOLI		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de São Mateus e Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 04/02/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 766 de 29/01/86, para uma área de 2.000,00 ha.	56
27/05/87	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.044/84 - 890.045/84 - 890.056/84.	64 a 68
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. Área reduzida para 900,00 ha. RESERVA MEDIDA: 694.867 t.	84
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 93.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.045/84 (ES-02/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOLI		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de São Mateus e Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 04/02/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 769 de 29/01/86, para uma área de 1.600,00 ha.	58
27/05/87	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.044/84 - 890.045/84 - 890.056/84.	66 a 70
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. Área reduzida para 900,00 ha. RESERVA MEDIDA: 380.544 t.	85
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 94.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.056/84 (ES-13/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOL I		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de São Mateus e Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 29/01/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 769 de 24/01/86, para uma área de 2.000,00 ha.	58
27/05/87	Protocolizou o RFP único para os processos DNPM nºs 890.044/84 - 890.045/84 - 890.056/84.	64 a 68
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. Área reduzida para 1.234,00 ha. RESERVA MEDIDA: 362.588 t.	85
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 92.</b>		

(Continua)

**Tabela 3.2** - Histórico detalhado dos aspectos legais de cada processo de pesquisa do Projeto Turfa Linhares (continuação).

<b>PROCESSO DNPM Nº 890.058/84 (ES-15/84)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOL I		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de São Mateus-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 24/06/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 2884 de 19/06/86, para uma área de 1.982,02 ha.	58
20/06/88	Protocolizou o RFP.	63 a 67
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 1.239.085 t.	72
<b>ÚLTIMA FOLHA DO PROCESSO - 80.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.050/84 (ES-07/84) VOL I E II)</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOL I		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de Linhares-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 23/12/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 5566 de 17/12/86, para uma área de 1.873,02 ha.	58
27/01/89	Protocolizou o RFP.	65 a 266
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 2.552.297 t.	294
	Volume I encerra as folhas 275.	
<b>ÚLTIMA FOLHA DO VOLUME II FOLHA 276.</b>		
<b>PROCESSO DNPM Nº 890.057/84 (ES-14/84) VOL I E II</b>		
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Folhas</b>
VOL I		
02/02/84	CPRM requereu pesquisa para SAPROPELITOS, nos municípios de São Mateus-ES, numa área de 2.000,00 ha.	01 a 44
DOU 26/06/86	Obteve o alvará de pesquisa nº 2885 de 19/06/86, para uma área de 1.7882,03 ha.	58
20/06/88	Protocolizou o RFP.	63 a 289
DOU 09/12/91	Publicada a aprovação do RFP para TURFA. RESERVA MEDIDA: 1.066.563t.	210
	Volume I encerra as folhas 303.	
<b>ÚLTIMA FOLHA DO VOLUME II FOLHAS 304.</b>		

## 4. HISTÓRICO DO PROJETO E RELATÓRIOS COMPILADOS

Como antes frisado, o Projeto Turfa Linhares resulta de estudos de reavaliação de áreas selecionadas para pesquisa no Espírito Santo, desenvolvidos entre julho de 1979 e fevereiro de 1980 pela CPRM, dentro do programa de mobilização energética criado pelo governo federal na década de 1970. A criação desse programa foi motivada pela crise econômica que atingiu a maioria dos países importadores de petróleo, o Brasil entre eles, afetados pela disparada dos preços do barril de óleo, com transtornos em suas estruturas econômicas e conseqüente desequilíbrio na balança de pagamentos, demandando a procura de alternativas de fontes de energia.

Neste sentido, a turfa foi uma das opções naturais frente ao grande número de ocorrências já conhecidas no país e a grande dimensão dos ambientes geológicos favoráveis ao seu desenvolvimento. No Espírito Santo, foram selecionados pelo programa do governo três grandes blocos de áreas para a pesquisa da substância, denominados blocos 1, 2 e 3, totalizando 6.737 km<sup>2</sup> de área.

Em atenção a essa mobilização, a CPRM protocolizou junto ao DNPM, na década de 1980, a requisição de várias áreas no estado que incluíram, entre elas, 11 poligonais no Bloco 1 no nordeste do Espírito Santo, totalizando 13.090 ha, que vieram a constituir os depósitos de Córrego Grande do Meio, Rio Doce, Barra Seca e Sutar.

Os resultados obtidos desses trabalhos foram consolidados em quatro relatórios finais de pesquisa, os quais

constituíram as fontes de todos os dados para a modelagem geológica dos depósitos e das demais informações inerentes aos aspectos da geologia necessárias para os trabalhos de reavaliação desses ativos da CPRM.

São dados relativos a 326 furos a trado (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3), perfazendo 494,38 m, e da análise de 117 amostras de 134 coletadas. Na Tabela 4.1 está sumarizada a distribuição desses serviços para cada depósito, assim como dados relativos a reservas medidas e as características das turfeiras obtidas de ensaios analíticos, notadamente, o poder calorífico e os percentuais de umidade do material volátil, de carbono fixo e do teor de cinzas.

Os trabalhos de pesquisa foram de responsabilidade da Superintendência Regional de Belo Horizonte, sob a supervisão técnica da Superintendência de Recursos Energéticos (Sunerg) e do Departamento de Exploração (Dexpo) da CPRM. As atividades operacionais de campo ficaram a cargo dos geólogos Wolmir de Pinho Tavares, chefe da Divisão de Pesquisas Próprias (Divep) da SUREG/BH, e Roberto Felício Malouf, auxiliados pelo técnico de mineração Gesler Gaspar, encarregado do levantamento topográfico.

Na supervisão dos projetos participaram os geólogos Vitor Hugo Silveira, Carlos Alberto Heineck e Jayme Álvaro de Lima, sendo o engenheiro de minas Valmir de Oliveira Souza responsável pelos estudos de demonstração da exequibilidade da lavra.



**Figura 4.1** - Extração do cilindro com amostra de turfa após conclusão da perfuração a trado na área do depósito de Sutar. Fonte: CPRM, 1987.



**Figura 4.2** - Marcação da linha de base N-S por teodolito WILDT2 através de picada em mata fechada na área do depósito de Córrego Grande do Meio. Fonte: CPRM, 1988a.



**Figura 4.3** - Introdução de amostrador a pistão durante a perfuração de camada de turfa na área do depósito de Sutar. Fonte: CPRM, 1987.

**Tabela 4.1** - Demonstrativo das reservas medidas e valores médios relativos aos principais parâmetros utilizados na caracterização das turfas, discriminado por cada área de processo, assim como da quantidade de furos, metragem total perfurada e número de amostras coletadas, pertinente a cada depósito.

DEPÓSITO CÓRREGO GRANDE DO MEIO								
Nº Processo	Reserva Medida (t)	*Umidade (%)	*Poder Calorífico (cal/g)	*Cinzas (%)	*Material volátil (%)	*Carbono Fixo (%)	Nº de Furos	Nº de Amostras
890.057/84	1.066.553	91,97	5.338,52	4,92	67,32	27,26	56 (111,93 m)	28
890.058/84	1.239.085	92,46	5.390,02	5,26	65,67	29,07		
Depósito Rio Doce								
890.050/84	2.552.297	91,00	4.777,55	11,91	62,00	25,93	71 (92,7 m)	15
Depósito Sutar								
890.051/84	733.198	91,30	5.125,56	7,91	61,87	28,68	79 (114,64 m)	68
890.052/84	514.025	91,30	5.257,58	5,81	64,66	28,62		
890.061/84	521.772	92,25	5.044,46	8,95	62,49	27,55		
890.062/84	1.184.000	92,06	5.079,15	8,95	62,92	27,92		
890.063/84	384.805	89,53	4.973,12	10,06	61,26	28,31		
Depósito Barra Seca								
890.044/84	694.867	91,00	5.285,79	3,10	68,60	28,30	120 (175,11 m)	53
890.045/84	380.544	89,64	5.141,96	5,82	66,80	27,38		
890.056/84	362.588	90,25	5.092,19	6,75	65,46	27,79		

\*BASE SECA

## 5. FISIOGRAFIA

### 5.1. CLIMA

Segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), a região dos municípios de São Matheus e Linhares, onde estão localizados os depósitos de turfa do SGB/CPRM, está inserida em um mesmo contexto climatológico, que a difere das demais regiões do estado.

De acordo com a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo climático Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com temperatura média, do mês mais frio, normalmente nunca inferior a 18°C, mas com uma estação de seca bem marcada entre abril e setembro, que é o período mais frio na região. O período com maior pluviosidade, ocorre entre os meses de outubro e março, com volume de precipitação média na faixa de 1.200 mm por ano, que é mais concentrada no verão.

Os índices pluviométricos anuais de Linhares situam-se entre 1.200 a 1.500 mm, e mostram que entre os meses de outubro e janeiro ocorrem as maiores precipitações na área do projeto; o período de junho a agosto é caracterizado por chuvas mais reduzidas. Os índices mensais de chuvas entre outubro e janeiro variam entre 14% e 24% do total anual, enquanto entre junho e agosto eles conservam-se entre 0,3% e 5%, sendo nítida a distinção entre os períodos seco e chuvoso.

As temperaturas médias anuais na região do projeto estão situadas entre 22 e 26°C (Incaper) (Figuras 5.1 e 5.2), sendo a amplitude térmica anual média, representada pela diferença entre as médias mensais de fevereiro (mês mais quente) e a de julho (mês mais frio), nas áreas estudadas, situadas em torno de 5°C.

A massa tropical atlântica, que é do oceano característica do litoral brasileiro, apresenta grande poder de penetração para o interior do continente durante quase todo ano, provendo, de forma quase que constante, os chamados ventos alísios em sentido às zonas equatoriais, de menor pressão atmosférica, que, em seu deslocamento, trazem muito calor e umidade. A massa equatorial continental proveniente do interior, por sua vez, é gerada nas áreas aquecidas e cobertas por vegetação florestal, sujeitas à frequente condensação devido à alta temperatura e à umidade relativa. A ampla trajetória percorrida confere à massa equatorial continental maior equilíbrio e um gradiente de temperatura inferior quando comparada à massa tropical atlântica, que apresenta acentuado aquecimento no curto trajeto continental.

Massas de ar polares, responsáveis por chuvas e quedas de temperatura, são menos atuantes na região, que é regida principalmente pelas massas tropical atlântica e equatorial continental. Essa última atua principalmente no verão, quando a ação de ventos quentes e úmidos ocasionam fortes chuvas e aguaceiros. Já nas regiões montanhosas do interior do estado, a frente polar atlântica provoca acentuado aumento no volume de chuvas.

O regime eólico no Espírito Santo, de acordo com dados da EMCAPA (antiga Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, hoje INCAPER), que avaliou o sistema de ventos no estado no período entre janeiro de 1971 a dezembro de 1978, ratificou a maior frequência de ventos alísios a uma velocidade média de aproximadamente 16 km/h. Ventos com menor frequência, observados nesse período, foram registrados a oeste com velocidade média de 6 km/h.

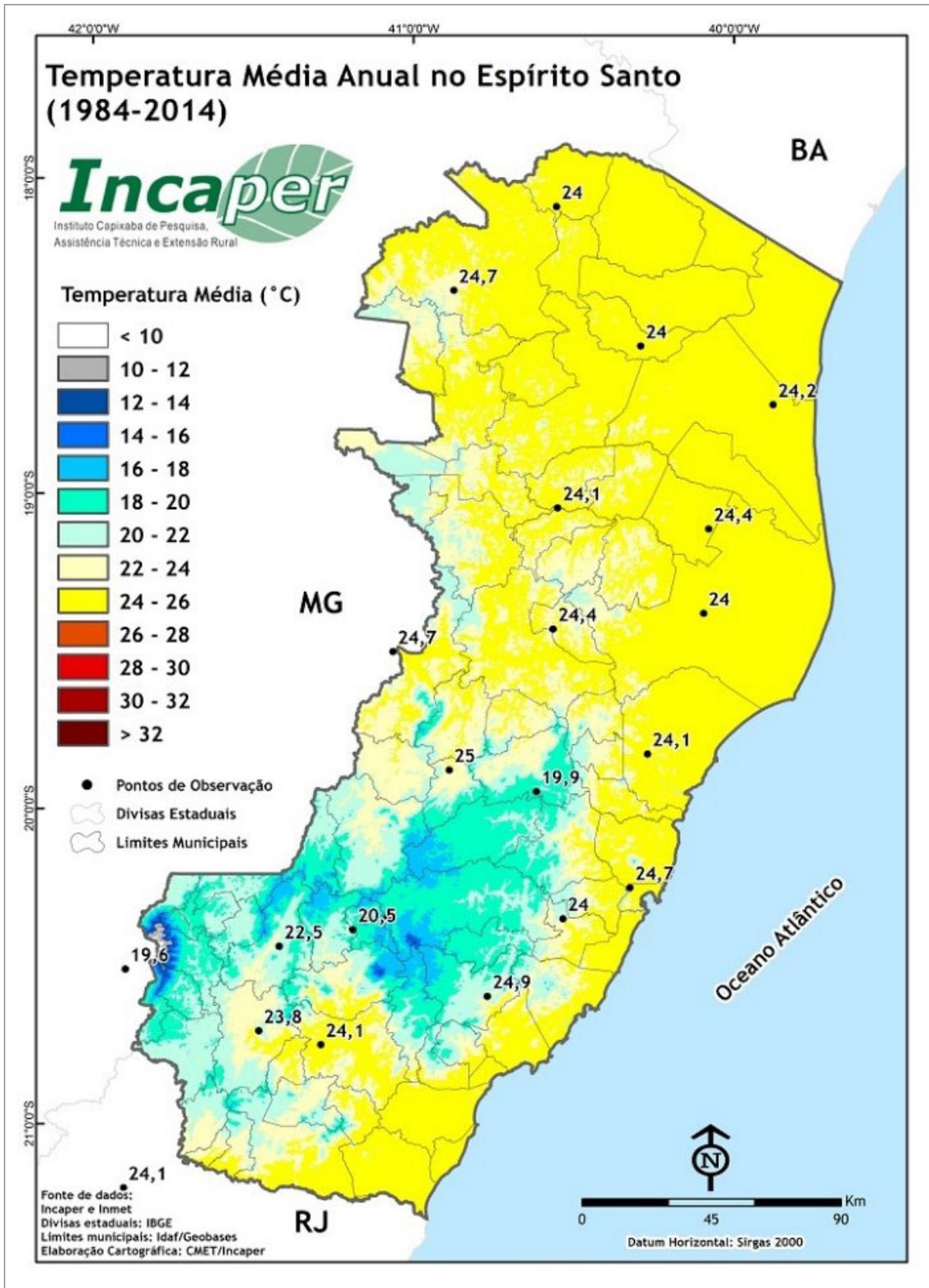
A pressão atmosférica, como esperado, é mais acentuada no mês de julho, justamente o mês mais frio e com menor radiação solar, ocorrendo o inverso nos meses mais quentes do ano. O mês de fevereiro apresenta a média compensada de maior temperatura e o de julho o de menor temperatura.

### 5.2. VEGETAÇÃO

Os dois tipos de vegetação característicos na região do projeto são a floresta latifoliada tropical e a vegetação litorânea, encontrando-se a primeira com sua cobertura bastante reduzida devido ao desmatamento.

A floresta latifoliada tropical corresponde à Mata Atlântica, outrora imponente ao longo do litoral do país, hoje reduzida a pouco mais de 12% da sua cobertura original, e extremamente restrita no estado. Destaca-se por sua grande biodiversidade, composta por diferentes formações vegetais e ecossistemas associados, incluindo várias espécies endêmicas. O bioma da Mata Atlântica no norte do Espírito Santo, é definido como Floresta Ombrófila Densa, com composição florística incluindo espécimes de grande porte, que alcançam 30 a 40 metros de altura, como tabebuia (ipê), sapucaia, jatobá e canela. Suas características fitofisionômicas são regidas pela mudança do meio ecológico.

No Espírito Santo, as poucas coberturas florestais de expressão ainda existentes estão localizadas entre os municípios de Linhares e São Mateus e correspondem às reservas da Sooretama e uma unidade mantida pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).



**Figura 5.1** - Mapa histórico das temperaturas médias anuais no estado do Espírito Santo avaliadas no período entre 1984 e 2014. Fonte: INCAPER, 2017.

Nesta última, estão plantadas, em uma área bastante expressiva, árvores já inexistentes ou próximas à extinção no estado, como a peroba, o pequiá e o jacarandá, entre outras, devido ao trabalho louvável de preservação dos diversos tipos madeireiros.

No município de Linhares e adjacências, áreas com remanescentes dessas áreas florestais estão sendo conservadas, devido à necessidade de sombreamento das árvores para plantações de cacau, uma cultura que vem sendo estimulada pelo governo no norte do estado.

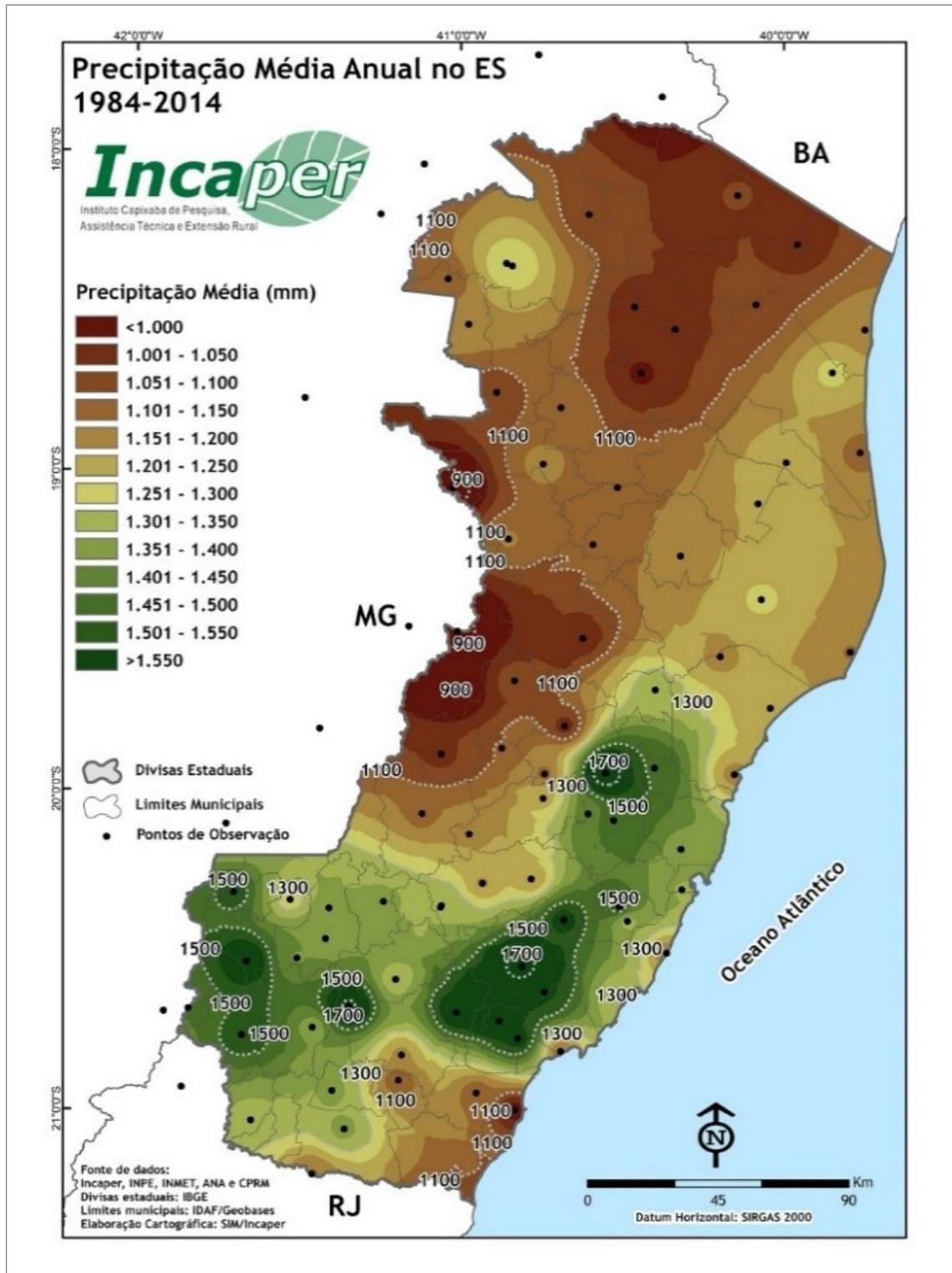


Figura 5.2 - Mapa histórico das precipitações média anuais do estado do Espírito Santo avaliadas no período entre 1984 e 2014. Fonte: INCAPER, 2017.

Outro tipo arbóreo difundido com irregularidade na região, e não pertencente ao bioma Mata Atlântica, são extensas plantações de eucalipto, exploradas para fabricação de celulose e carvão vegetal.

A vegetação litorânea abrange a vegetação das praias, das restingas e das áreas pantanosas e é a mais característica nas regiões das áreas de turfa. A vegetação psamófito,

comum nas praias oceânicas, constitui uma formação herbácea aberta, na qual se pode ver a areia por entre os pequenos tufos. A vegetação das restingas, por sua vez, é caracterizada por uma formação subarbórea ou mesmo florestal, compondo uma mata ora aberta, ora fechada, xeromorfizada, onde, eventualmente, encontram-se espécies de até 20 m de altura.

Nas áreas dos depósitos, as zonas pantanosas têm uma formação vegetal típica, composta por arbustos de pequeno porte, com tamanhos entre 2 a 3 m em média. Localmente, os tipos que formam essa vegetação são conhecidos por taboa, junco, macega, capins tiririca e navalha de macaco, quaresma do brejo, imbaúbas de pequeno a médio portes, capim de brejo etc. Uma que se destaca é a aninga, vegetação que viceja primordialmente nas zonas alagadiças. Esse conjunto nativo, às vezes, é muito fechado e pujante, causando dificuldades de locomoção em seu interior.

Para efeito de conhecimento científico e fornecimento de subsídios para um maior entendimento da constituição das turfeiras, foram colatadas amostras de turfa dos depósitos para análises micropaleontológica e palinológicas. Os resultados dessas análises acusaram presença de algas marinhas das espécies *Chrysophyta* (diatomáceas), tendo sido isolados os tipos *Eunotia Arcus*, *Eunotia sp.*, *Frustulia Robomboides*, *Navicula sp.*, *Synedria sp.*, e *Pinnularia sp.* Além da frequência relativa de algas diatomáceas (<30%), detectou-se ainda a existência de espículas e microscleras de esponjas.

Com relação aos palinomorfos presentes, foi encontrada a espécie *Eumycota* (fungos), além das espécies *Pteridophyta* (filices), que são as pteridofitas inferiores, que se assemelham a musgos. Destas últimas, reconheceram-se as *Saviniaceae*, *Polypodiaceae*, *Hymenophyllaceae* e *Cyathaceae*, que são samambaias típicas de ambiente aquático.

Dos vegetais superiores, evidenciou-se a ocorrência do grupo *Angiospermae* dos tipos *Monocotyledoneae* e *Dicotyledoneae*. Das *Monocotyledoneae* reconheceram-se as *Gramineae* (capins em geral), *Amaryllidaceae* (lírios do brejo), *Iridaceae* (plantas palustres) e as *Bromeliaceae* (epífitos vulgarmente conhecidos como “parasitas”). Das *Dicotyledoneae* separam-se as famílias das *Betula-ceae*, *Lauraceae*, *Aquifoliaceae* e *Myrtaceae*. Deve-se considerar, entretanto, que houve predominância da família *Gramineae* (capins em geral) sobre as demais.

Há uma frequência na amostra, entre 50% a 70%, de fragmentos vegetais, como cutículas, traqueídeos e fibras, entre outros, além de 30% a 50% de pólenes e esporos.

O resultado da amostra analisada, que indica a presença de fungos, sugere um ambiente úmido e quente de deposição, apresentando uma flora bastante diversificada, com a predominância das *Angiospermae* sobre as demais. O material analisado é de idade recente, conforme sugere os palinofacies das amostras.

### 5.3. GEOMORFOLOGIA E SOLO

A região na qual se inserem as áreas do SGB/CPRM, é caracterizada por um modelado litorâneo suave que

sucedem os tabuleiros em direção à linha de costa, onde largas planícies aluviais são formadas pela mistura dos sedimentos fluviais transportados pelos grandes rios, como o Doce, e pelos sedimentos marinhos das restingas (Figura 5.3). Isso evidencia uma forma de relevo plano, com suas cotas aproximadamente, ao nível do mar, com restritas variações locais (CPRM, 2014).

Localmente, as planícies costeiras desdobram-se em cordões arenosos atuais e terraços marinhos de retaguarda, marcando superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. No geral, são terrenos bem drenados e não inundáveis, no qual se desenvolve ecossistema do tipo restinga. Já as planícies fluviomarinhas – áreas de ocorrência dos depósitos de turfa – são superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos, ricos em matéria orgânica. Constituem terrenos muito mal drenados, quase sempre inundados, onde são encontrados brejos e veredas.

As áreas requeridas situam-se em zonas de solos hidromórficos e solos aluviais, cujo denominador comum é ocuparem extensas regiões planas, próximas às cotas do nível do mar.

O solo hidromórfico é caracterizado por excesso de umidade, temporária ou permanente, durante determinados períodos do ano. Geralmente, sua coloração varia do cinza-escuro, preto ao marrom-acinzentado, possuindo textura argilosa, húmico, impregnado de matéria orgânica e normalmente turfáceo.

Os solos aluviais dominam as partes mais baixas, nas margens dos rios, sujeitas a inundações. São formados por materiais inconsolidados e de deposição recente, apresentando-se em camadas estratificadas e com grande variação de textura. Devido a sua própria formação, os solos dessa unidade não são uniformes, sendo a natureza do seu perfil determinada pelas espécies de sedimentos acumulados nos diferentes períodos de sua formação. Como no caso dos solos hidromórficos, são amplamente empregados para culturas destinadas a pastagens para gado.

As zonas pantanosas nas áreas do projeto estão associadas a esses dois tipos de solos, que constituem sítios favoráveis à formação das turfas, seja pelo gradiente quase nulo na maior parte dos seus terrenos, ou por estarem situadas próximo ou ao nível do mar, não havendo, conseqüentemente, escoamento das águas que ficam represadas, formando áreas constantemente alagadas. A presença de substratos argilosos impermeabilizantes, que são normalmente registrados nos solos associados às turfeiras, é considerada fundamental para a retenção da umidade e na formação das áreas de veredas e pantanosas.

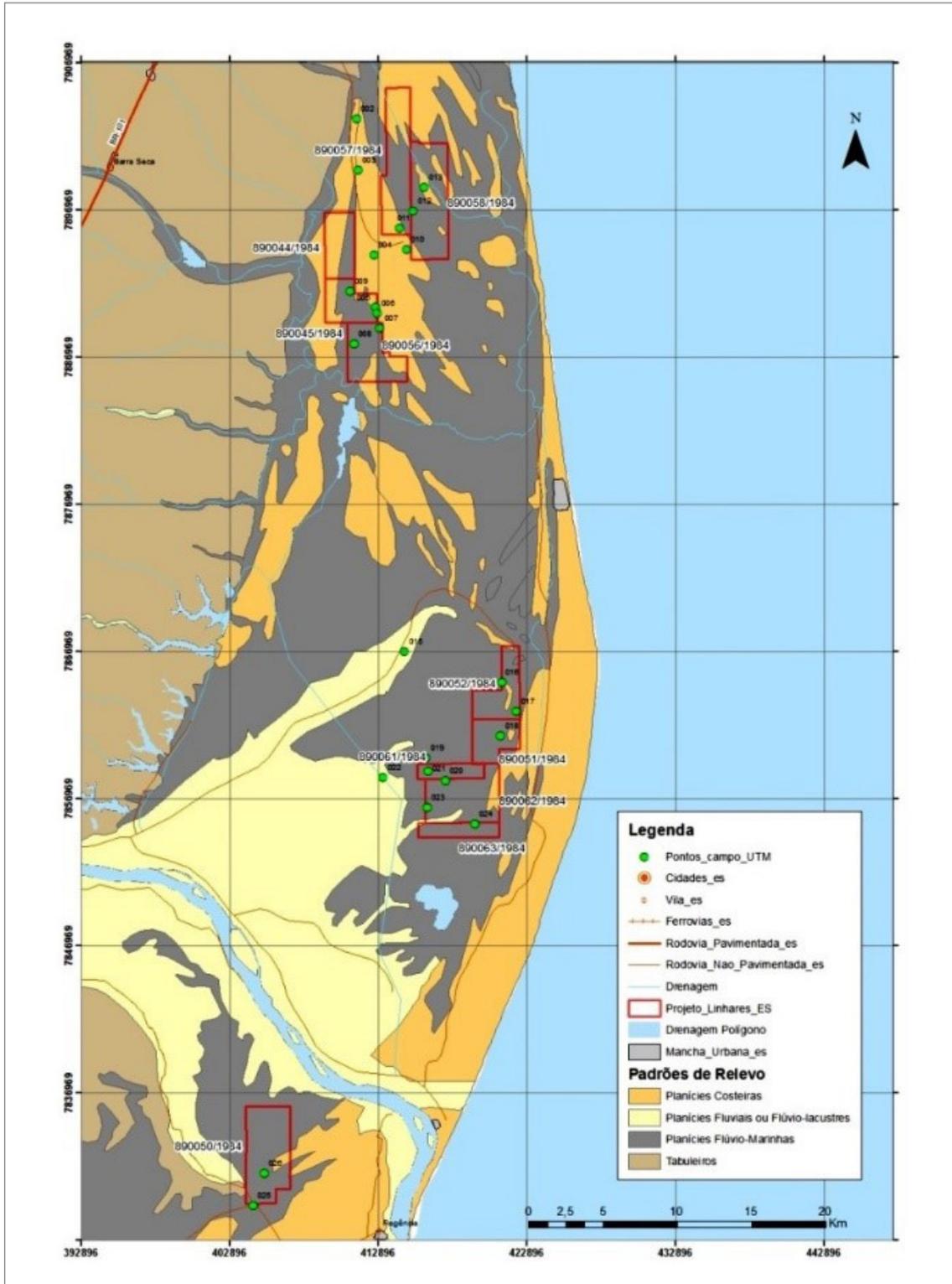


Figura 5.3 - Mapa com padrões de relevo na região dos depósitos de turfa do SGB/CPRM. Fonte: CPRM, 2014.

Como na área da Turfeira Rio Doce, na faixa pantanosa do Depósito Córrego Grande do Meio, também foi observada a presença de alguns canais de drenagem, mas, ao contrário daquela, com ausência de áreas de pastagens, predominando a cobertura da formação vegetal nativa. Isso é auspicioso no caso de uma futura

lavra para turfa, que não demandaria aos interessados em explorá-la pagamentos de indenizações compensatórias. Ressalte-se, porém, que, na sua porção sul, a Petrobras possui diversos poços produtores de petróleo e gás, além de uma estação coletora desses combustíveis (Fazenda do Cedro) em áreas tituladas ao SGB/CPRM.

### 5.4. HIDROGRAFIA

Os rios mais importantes que cortam as áreas de turfeiras do SGB/CPRM são o Doce, o Mariricu e o Ipiranga. O Rio Doce é o mais importante e o de maior descarga líquida, que, devido ao desmatamento observado ao longo do seu curso e uso dos solos adjacentes para atividades antrópicas, propicia condições de ocorrência de cheias excepcionais quando ocorre

aumento da pluviosidade. Desemboca no Oceano Atlântico, na altura da Vila de Regência. Seu afluente mais importante na região é o Rio São José, que forma a conhecida Lagoa de Juparanã, que em seguida despeja suas águas no Rio Doce pela margem esquerda, na altura da cidade de Linhares, conforme pode ser observado na Figura 5.4, onde encontram-se delineadas as principais bacias e interbacias no estado do Espírito Santo (IJSN, 2009).

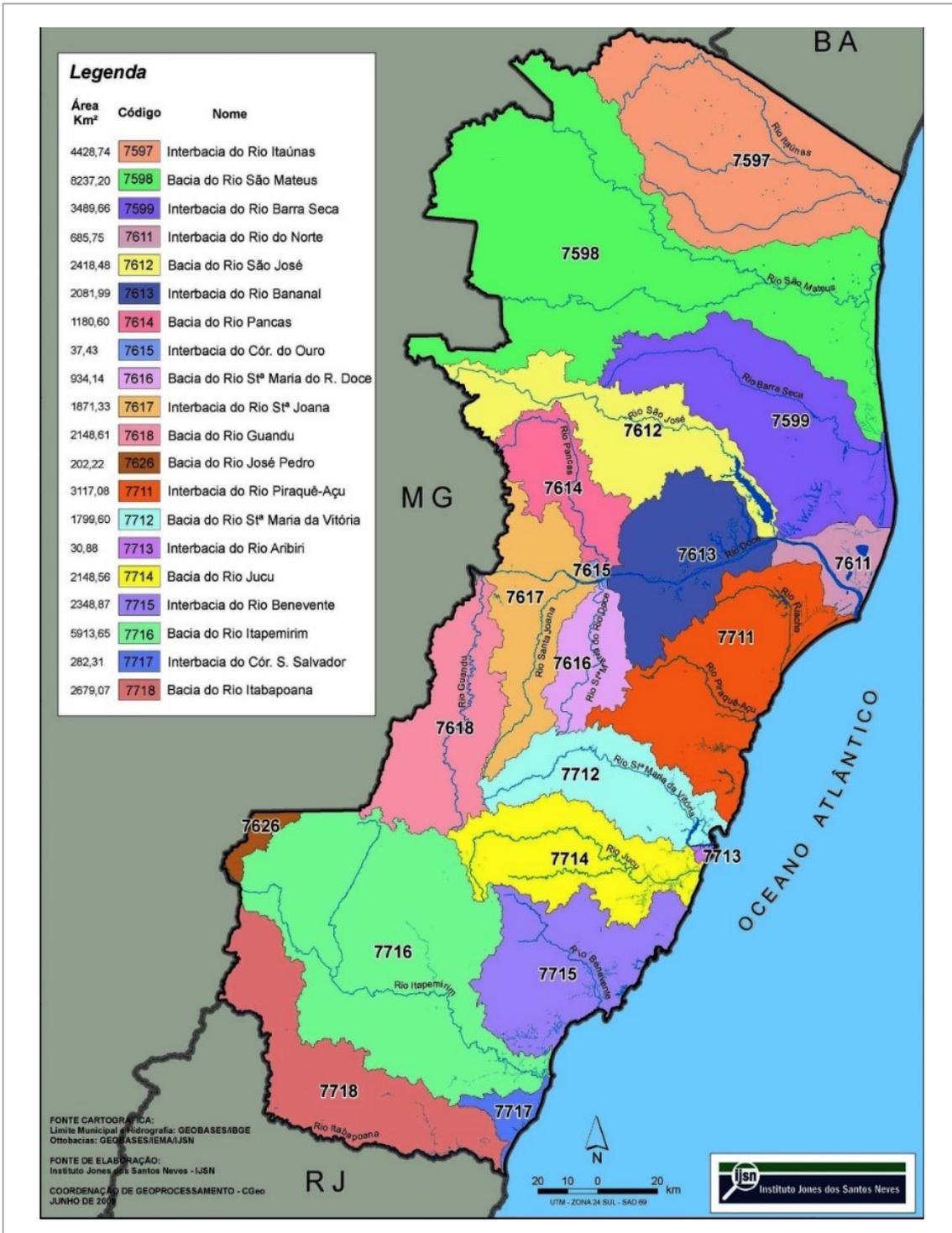


Figura 5.4 - Principais bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo. Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves, 2009.

O Rio Mariricu, na realidade, é o braço sul do Rio São Mateus, situado a norte do projeto, tendo ligações com o Rio Ipiranga. O Mariricu, juntamente com o Rio Barra Seca, alimenta a Lagoa Suruaca, e através de um canal se liga ao Rio Ipiranga que, por sua vez, desemboca no Atlântico, na altura da Vila de Barra Seca.

Deve-se levar em consideração que, em época chuvosa, como no período de outubro a março, as turfeiras, em geral, ficam saturadas d'água, sendo impraticável o trabalho nas mesmas. O escoamento do lençol d'água fica condicionado à cessação das quedas de chuvas, e a velocidade de escoamento é proporcional ao número de canais existentes.

## 6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TURFA E OCORRÊNCIAS NO BRASIL

A turfa é um material organomineral, com textura normalmente esponjosa, oriundo do acúmulo de restos vegetais, com variados graus de decomposição, em ambiente subaquático raso. É parte do estágio incipiente da formação do carvão mineral, sendo considerada uma substância formada nos últimos dez mil anos, resultante do atrofiamento e da decomposição incompleta de material lenhoso e de arbustos, musgos e líquens em condições de umidade excessiva. Participam da sua formação as mais variadas espécies vegetais, desde musgos, gramíneas e filicíneas até árvores de mata úmida, que contribuem para a heterogeneidade do depósito. A maior parte do perfil é constituída por turfa altamente decomposta (TOLEDO, 1999).

Diversas classificações são propostas para as turfas, a maioria nos países de zonas temperadas do Hemisfério Norte, baseadas em critérios diversos, entre eles a composição vegetal (turfeiras lenhosas ou de floresta, herbáceas e mista), geográfica (límnicas e parálicas), grau de decomposição (turfeiras não humificadas ou de musgo e turfeiras humificadas ou combustíveis) e fatores hidrológicos (FRANCHI, 2004).

A determinação do grau de decomposição das turfas pode ser avaliada pela escala de Von Post, por meio de um método expedito, que indica o estágio de decomposição da turfa conforme as características da água exsudada de uma turfa (cor e consistência), previamente umedecida, que passa entre os dedos quando comprimida. Essa escala distingue 10 graus de decomposição, de H1 a H10, referindo o grau H1 a um material não decomposto e o grau H10 a um material muito decomposto. De acordo com essa escala, as turfas podem ser subdivididas em:

(i) Turfas pouco evoluídas (H1 a H3): os restos vegetais são bem reconhecidos, a água que umedece as turfas é clara e elas não endurecem quando secas. Não há retenção de material entre os dedos. São designadas turfas claras a castanho-claras; (ii) Turfas medianamente evoluídas (H4 a H6): os resíduos de plantas não são facilmente distinguíveis e a água escorrida é turva, ficando retido algum material entre os dedos. São designadas como turfas castanhas ou escuras; e (iii) Turfas muito evoluídas (H7 a H10): os tecidos vegetais não são distinguíveis no gel orgânico. A pouca água extraída apresenta cor bem escura e a turfa apresenta-se

quase que totalmente decomposta. Essa turfa ainda é classificada como amorfa e granular. Inclui as turfas castanho-escuras e negras ou pretas (FRANCHI, 2004; FRANCHI *et al.*, 2006; FERNANDES, 2007).

Nos Estados Unidos, uma classificação da turfa, também baseada no grau de decomposição, utiliza como critério a quantidade de fibras vegetais do material. Ela define, de acordo com a Companhia Energética de São Paulo (1985, *in* TOLEDO, 1999), três classes de turfa: turfa fibrosa, o tipo menos decomposto, com grande quantidade de fibras e baixa *dry bulk density* - DBD (massa do material seco/volume *in situ*); turfa hêmica, que se apresenta moderadamente decomposta, com valores intermediários de DBD, saturada de água e com quantidade média de fibra, de uso na agricultura; e turfa sáprica, que é altamente decomposta, com valores mais elevados de DBD, baixo conteúdo de fibras e saturada de água. De acordo com FRANCHI (2004), os tipos entre H1 e H4 corresponderiam à turfa fibrosa, H5 a H6, à hêmica, e a H7 a H10, à sáprica.

Fatores hidrológicos classificam as turfas em turfeiras ombrotróficas e minerotróficas (SHOTYK 1988, *in* FRANCHI, 2004). As turfeiras ombrotróficas são formadas em ambientes de temperaturas mais baixas, como as zonas de climas temperados, com baixa evapotranspiração e elevada umidade atmosférica. Não têm associação com inundações por águas provenientes de limites externos à bacia de sedimentação, que é alimentada basicamente por águas de chuva e/ou neve. Apresentam, em geral, pH ácido (pH < 4,5) e fração mineral reduzida, conseqüentemente, com baixo teor de cinzas (2 a 3%). Essas turfeiras são dominadas, principalmente, por briófitas do gênero *Sphagnum* (FRANCHI *et al.*, 2006).

As turfeiras minerotróficas são alimentadas por influxo de águas superficiais e subterrâneas enriquecidas em nutrientes minerais, sem regime hidráulico próprio como das turfeiras ombrotróficas. Corresponde às chamadas turfeiras baixas ou eutróficas, formadas em depressões alimentadas por águas de zonas adjacentes mais elevadas, caracterizadas por uma alta carga mineral, elevado teor de cinzas (6 a 10%) e pH próximo à neutralidade, e com composição vegetal mais diversificada. As turfeiras ombrotróficas seriam correspondentes às turfeiras altas ou oligotróficas (FRANCHI, 2000; FRANCHI, 2004; FRANCHI *et al.*, 2006).

Com relação às possibilidades de emprego da turfa, os parâmetros utilizados para sua avaliação incluem a umidade, teor de cinzas, teor de enxofre, poder calorífico, percentuais de carbono fixo e de matéria volátil e o *dry bulk density* (DBD).

De acordo com LENZ (1984, *in* TOLEDO, 1999), as ocorrências de turfa no Brasil (Tabela 6.1 e Figura 6.1) são classificadas, principalmente, como turfeiras baixas ou eutróficas, e têm sua formação ao longo do período Quaternário, com origem associada basicamente a dois ambientes:

- Em várzeas dos cursos baixos de rio sobre antigos manguezais, com alguma influência marinha em camadas inferiores;
- Em baixadas paralelas à linha de costa, separadas entre diversas gerações de dunas fósseis de areia.

As turfeiras brasileiras demonstram, em sua maioria, um teor de material mineral elevado, com teor médio de enxofre em 1,5% (TOLEDO, 1999).

Franchi (2004) ratifica a natureza minerotrófica das turfás brasileiras, as quais são desenvolvidas em depressões originadas por processos fluviais e costeiros, muitas vezes coligados, caracterizadas pela presença de rios meandantes, com muitos canais abandonados, em planícies de inundação e litorâneas, assim como associadas a extensas áreas deprimidas, como lagunas ou embaixamentos isolados da influência marinha por ilhas-barreira. O autor corrobora a idade holocênica dos depósitos brasileiros, que subdivide em litorâneos e interiores.

Uma forma de classificar a turfa é agrupá-la sistematicamente em classes ou tipos uniformes, conforme a natureza de seus componentes vegetais.

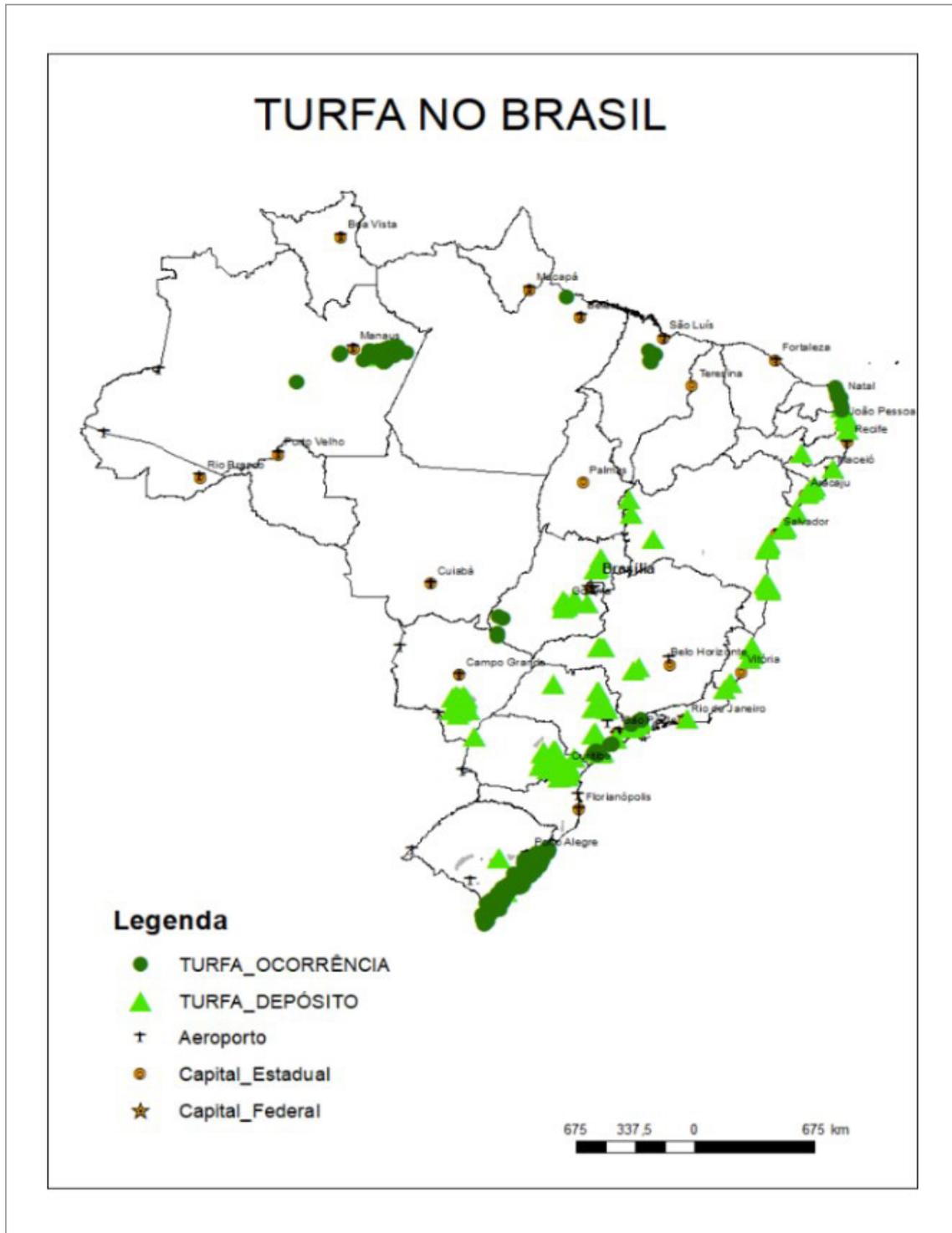
**Tabela 6.1** - Reservas de turfa no Brasil (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> *in situ*). Fonte: FRANCHI *et al.*, 2006.

ESTADO	SETOR / TURFEIRA	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	FONTE
MA	Pinheiro			32,9	Araújo & Veríssimo (1984)
	Ilha Grande			64,7	
	Barreirinhas			12,9	
	Sobradinho			5,7	
	Carrapato-Fome			21,6	
RN	Ceará-Mirim	6,3			Moraes (2001)
	Rio Maxaranguape	0,5	0,48		Paione (1984)
	Punaú-Piranhas			8,9	Moraes & Caldasso (1982)
	Rio Pium			0,7	
	Trairi-Ararai			4,6	
	Goianinha-Jacu			1,5	
	Rio Guajú			4	
PE	Itamaracá			0,1	
	Jaboatão-Cabo			6,3	
	Ipojuca			3,2	
	Taberaba	0,28			Paione (1984)
	Boa Vista-Pindobal	0,7	0,1		Paione (1983b); Moraes (2001)
	Cravaçu-Caranguejeira	0,56	0,19		
	Tavares-Tanques	2,35	0,17		
	Brejinho de Cima-Jaraguá	0,24			Paione (1983b)
	Camaratuba			2,4	Moraes & Caldasso (1982)
	Rio Miriri			0,5	
Rio Paraíba			2,8		
AL	Rio Meirim	3,3			Moraes (2001)
	Rio Pratiagi	0,7			
	Rio Manguaba	1,9			
	Lagoa Mundaú			3,3	Moraes & Caldasso (1982)
	Porto Calvo			1,7	
SE	Santo Amaro das Brotas	0,43			Silva (1985)

Continua

**Tabela 6.1** - Reservas de turfa no Brasil (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> *in situ*). Fonte: FRANCHI *et al.*, 2006 (continuação).

ESTADO	SETOR / TURFEIRA	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	FONTE
BA	Rio das Pontes		6,7		Costa <i>et al.</i> (1984)
	Barra dos Carvalhos	5,6			Rocha <i>et al.</i> (1983)
	Ilha de Tinharé	2,5			
	Faz. Monte Alegre			25	Lima <i>et al.</i> (1982)
	Faz. Lagos			62,4	
	Vila Ouricana			25	
	Faz. Marobar			44,5	
	Alcobaça			17,2	
ES	Córrego Grande do Meio	40			Malouf & Tavares (1986)
SP	Vale do Paraíba - SJ-1		18,48		Algarte <i>et al.</i> (1982); Cabral Jr. <i>et al.</i> (2001); Aboarrage & Oliveira (1981)
	Vale do Paraíba - SJ-1A		6,23		
	Vale do Paraíba - SJ-1B		41,09		
SP	Vale do Paraíba - SJ-1C		13,7		Algarte <i>et al.</i> (1982); Cabral Jr. <i>et al.</i> (2001); Aboarrage & Oliveira (1981)
	Vale do Paraíba - SJ-2		93,76		
	Vale do Paraíba - SJ-2A		20,92		
	Vale do Paraíba - SJ-2B		1,81		
	Vale do Paraíba - TB-1		7,27		
	Vale do Paraíba - TB-2		19,08		
	Vale do Paraíba - TB-2A		1,92		
	Vale do Paraíba - TB-2B		1,05		
	Vale do Paraíba - TB-3		5,56		
	Vale do Paraíba - TB-3A		2,12		
	Vale do Paraíba - PD-1		3,76		
	Rio Moji Guaçu - MG-I	3,26			
	Rio Moji Guaçu - MG-II	2,32			
	Rio Moji Guaçu - MG-III	0,3			
	Rio Moji Guaçu - MG-IV	2,86			
	Rio Moji Guaçu - MG-V			0,7	
	Rio Moji Guaçu - MG-VI			1,9	
	Rio Moji Guaçu-MG-VII	0,32			Cabral Jr. <i>et al.</i> (2001)
	Rio Moji Guaçu-MG-IX	7,04			
	Baixo Ribeira-RE-I	16,49			
	Baixo Ribeira-RE-II	4,08			
	Baixo Ribeira-SB-I			5	
	Baixo Ribeira-BR-I			100	Cabral Jr. <i>et al.</i> (2001)
SC	Balneário Arroio do Silva	50	150		Florestal S/A
RS	Águas Claras				Suffert (1998a, 1998b)
	Itapuã				
	Barrocadas				Caye <i>et al.</i> (1983)
	Três Passos				
	TOTAL	208,83	422,19	459,5	



**Figura 6.1** - Mapa de localização das principais turfeiras no Brasil.  
 Fonte: extraído do SGB/CPRM, 2009 (Elaboração: Oliveira Américo Cavalcante).

Um dos métodos mais utilizados de classificação é baseado na composição da palavra turfa (*peat*, em inglês) precedida pelo nome da espécie dominante que lhe deu origem, como por exemplo, *Sphagnum peat* ou a turfa de musgos (TOLEDO, 1999).

De acordo com *International Peat Society* (2017), além de uso como fonte de energia e na horticultura, a turfa tem aplicação diversa. É matéria-prima para a

indústria química (ceras, carbono ativado etc.), assim como utilizada como filtro e material absorvente para remoção de derramamento de óleo e na descontaminação de metais pesados e cargas microbianas em efluentes. Outras aplicações incluem seu uso na indústria têxtil para obtenção de fibras, utilizadas em algodão e papel, e na construção civil como material de isolamento.

De acordo com a instituição, metade da turfa produzida no mundo é do tipo combustível. Alemanha e Canadá são responsáveis por mais da metade da extração de turfa destinada à horticultura. Outros grandes produtores são os países bálticos, notadamente a Finlândia e Suécia, além da Irlanda. Chile e Argentina são citados, também, como expressivos produtores da substância.

#### • USO DA TURFA NA AGRICULTURA

Nos últimos anos, observa-se seu incremento como insumo pela indústria de fertilizantes, processada para a produção de condicionadores de solos para utilização na agricultura como biofertilizante. Os condicionadores são produtos que concentram grandes quantidades de matéria orgânica, além de ácidos húmicos e fúlvicos dela derivados em função da degradação microbiana. Esses elementos agem na restauração da fertilidade de solos desgastados, proporcionando equilíbrio físico, químico e biológico (REDI FERTILIZANTES, 2018).

O principal responsável pelas propriedades coloidais da matéria orgânica do solo é o húmus ou substâncias húmicas, representando até 65% da sua massa, que pode ser fracionado, segundo as características de solubilidade, em: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina. Os primeiros são solúveis em meio alcalino, os ácidos fúlvicos em meio ácido e alcalino, e a humina é insolúvel em qualquer um desses meios.

Dessa maneira, temos nas substâncias húmicas a fração mais importante do ponto de vista agrícola, uma vez que elas irão promover todos os benefícios desejados para o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos cultivados (NASCIMENTO, 2013). Pesquisadores renomados publicaram informações comprobatórias dos benefícios da matéria orgânica e das substâncias húmicas no solo. Em 1991, o professor Bernardo V. Raji (in NASCIMENTO, 2013) concluiu que a matéria orgânica possui estreita relação com a capacidade do solo em fornecer macro e micronutrientes às plantas, em que processos de mineralização e imobilização orgânica, e de dessorção e adsorção de cátions e ânions, entre outros, governam a disponibilidade dos nutrientes.

Em resumo, foi verificado que quanto maior for o teor de matéria orgânica de um solo, maior será o fornecimento de nutrientes às plantas. Tal fato foi verificado em diversas pesquisas, que demandaram discussões sobre os reais mecanismos que exerciam as melhorias na fertilidade e propriedades físicas dos solos. Quando foi destacado a fertilidade do solo como meta de estudo, vários benefícios foram identificados a partir da adição de substâncias húmicas desde o momento da aplicação (NASCIMENTO, 2013).

#### • HISTÓRICO DAS TURFAS E DISTRIBUIÇÃO DAS RESERVAS NO MUNDO

Entre os séculos XVI e XVIII, na Finlândia, na antiga União Soviética e na Irlanda, a turfa já era reconhecida como fonte energética, utilizada basicamente para aquecimento e uso doméstico. Coube ao pesquisador finlandês Pehr Adrian Gadd (1727-1797), da Academia de Turko, o primeiro a propor um sistema classificatório e determinar as qualidades da turfa (TOLEDO, 1999). Em 1759, Gadd e Pehr Kalm (1716-1779) publicaram um trabalho sobre o uso da turfa como combustível e, no ano de 1763, estabeleceram um método para drenagem das zonas turfosas, viabilizando a agricultura e o reflorestamento dessas áreas (TOLEDO, 1999).

Na primeira metade do século XIX, fez-se a primeira grande drenagem de turfeira na Finlândia para reflorestamento. Desde então, de um total de dez milhões de hectares de zonas turfosas daquele país, cerca de 5,3 milhões de hectares foram drenados e transformados em floresta (TOLEDO, 1999).

Conforme Page *et al* (2011, in *International Peat Society*), as turfás ocorrem em todas as zonas climáticas, sendo a área ocupada pelas ocorrências conhecidas estimada em 4 milhões de km<sup>2</sup>, em geral, associadas as zonas úmidas do planeta. Os grandes depósitos de turfa estão localizados, principalmente, nas zonas boreais e temperadas do Hemisfério Norte, notadamente Canadá, Alasca, Rússia (Sibéria Ocidental) e norte da Europa, onde se formaram sob regimes climáticos de baixa temperatura e precipitação. Depósitos expressivos de turfa nas zonas de latitude baixa, em geral, estão associados à densa vegetação da floresta tropical, onde se desenvolve uma espessa camada de matéria orgânica, como em partes da bacia amazônica e sudeste asiático.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1979, in FRANCHI, 2000), de forma geral, estima-se que mais de 250 milhões de hectares (2,5 x10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>) da superfície terrestre sejam cobertos de turfa (~1,67% das terras emersas), ficando 85% desse total dentro de fronteiras da Rússia, Canadá e EUA.

Os mais extensos depósitos do mundo ocorrem onde a última glaciação, por meio da redução das áreas permanentemente geladas, produziu depressões topográficas ou lagos rasos, com chuvas abundantes e bem distribuídas, onde as baixas temperaturas retardaram a decomposição de plantas e de vegetações arbustivas (FRANCHI, 2000).

## 7. GEOLOGIA REGIONAL

Geotectonicamente, a porção nordeste do estado do Espírito do Santo onde estão localizadas os ativos de turfa do SGB/CPRM faz parte da Província Estrutural Mantiqueira, integrada especificamente ao Orógeno Araçuai (ALMEIDA, 1977), entidade de idade brasileira que ocorre estruturada na direção NNW-SSE e que borda os limites orientais do Cráton São Francisco. Sua origem é associada a um episódio extensional, com formação de uma bacia rifte continental, que evolui para margem passiva e oceanização, seguida de subducção de crosta oceânica e geração de arco magmático, passando a uma tectônica compressional, que culmina por colapso gravitacional.

Na evolução do Orógeno Araçuai, a bacia que se segue à estrutura rifte, conexa a margem passiva, é interpretada como um golfo com geometria confinada, grosso modo alinhado N-S, ensialico a norte e oceanizado a sul, com abertura para mar aberto.

Na evolução do orógeno são registrados cinco eventos magmáticos ligados aos seus diferentes estágios, os quais compreendem suítes intrusivas designadas como G1, G2, G3, G4 e G5 (PEDROSA SOARES & WIEDMANN-LEONARDOS 2000; PEDROSA SOARES *et al* 2001, 2005; *in* SGB/CPRM, 2005; BALTAZAR *et al.*, 2010).

No estágio pré-colisional do orógeno, acrescionário, desenvolve-se um arco magmático calcioalcalino em ambiente de margem continental ativa edificado por intrusões de batólitos tonalíticos a granodioríticos, ricos em autólitos dioríticos e máficos, com idades entre 630 Ma e 585 Ma, os quais são representativos da Suíte G1.

Entre os estágios pré e sincolisional é registrada espessa sedimentação em bacia retroarco, que são protólitos de complexos paragnássicos e mármore, característicos no substrato capixaba. Na fase sincolisional até tardicolisional, entre 585 Ma e 535 Ma, ocorrem intrusões de grandes volumes de granitos tipo S (suítes intrusivas G2 e G3), amalgamados em batólitos, que registram deformações regionais marcadas por foliações gnáissicas, muitas vezes miloníticas em diferentes graus, localmente com feições primárias preservadas, como foliações de fluxo ígneo. Evidências de campo registram intrusão e assimilação de granitoides G2 por leucogranitos da Suíte G3, indicando a geração desses a partir de fusões parciais de granitoides G2. São principalmente granada-biotita granitos de composição sienogranítica, enquanto os granitos G2, formados essencialmente por granitoides mesocráticos ricos em granada e biotita, com composição granítica dominante (BALTAZAR *et al.* 2010).

As suítes G4 e G5 estão relacionadas basicamente ao estágio pós-colisional, associadas ao colapso gravitacional do orógeno, com suas rochas isentas da impressão da foliação regional. Os granitos da primeira suíte são do tipo S, sendo suas rochas mais típicas leucogranitos granadíferos a duas micas, sienogranitos, que também inclui pegmatitos ricos em turmalinas e outras gemas, assim como de metais raros (lítio, berilo, tântalo). Nas suas ocorrências são comuns xenólitos parcialmente assimilados e tetos pendentes (*roof pedants*).

As rochas da Suíte G5 são do tipo I, em geral com suas ocorrências associadas a plútons circunscritos. Apresentam composições e texturas mais diversificadas quando comparadas às suítes antecedentes, reunindo rochas classificadas como charnockíticas, gabro-dioríticas, graníticas, monzograníticas e quartzomonzoníticas. A assinatura geoquímica característica das intrusões é calcioalcalina de alto-K e alto-Fe.

No que concerne ao polígono delimitado pela Figura 7.1, que abrange a região com os depósitos de turfa, suas rochas mais antigas são pertencentes ao Complexo Nova Venécia, que compreende metassedimentos peraluminosos depositados em bacia retroarco, metamorfisados na fácies anfíbolito alto a granulítico, com fusão parcial extensiva. São granada-biotita paragnáissicos com grafita, sillimanita e/ou cordierita como minerais varietais, que podem apresentar intercalações calciosilicáticas, quartzíticas e anfíbolíticas. Dobramentos isoclinais intrafoliares sem raízes, além de bandas competentes boudinadas, segmentadas e lenticularizadas são feições recorrentes. Zonas migmatizadas são marcadas por estruturas estromáticas (metatexiticas), proporcionadas por intercalações de mobilizados quartzofeldspáticos com granada e/ou biotita, eventualmente cordierita, na forma de vênulas, lentes ou bandas. É comum a transição para núcleos mais homogêneos, diatexiticos (BALTAZAR *et al.*, 2010).

Na região considerada (Figura 7.1), as rochas intrusivas estão relacionadas às suítes intrusivas Ataléia e Aimorés. A primeira abrange rochas geradas em estágio sincolisional e correspondem aos granitos G2. Compreende granitoides principalmente mesocráticos, cinza-mediano a escuro, ricos em biotita e granada, com cordierita varietal, bem foliados a maciços, médios a grossos, equigranulares. Uma forte deformação milonítica é um aspecto marcante em suas rochas, as quais exibindo as mesmas estruturas observadas nas rochas do Complexo Nova Venécia. As composições são classificadas como tonalítica a granodiorítica e granítica.

A Suíte Intrusiva Aimorés corresponde aos granitos G5, tipo I, ligados ao estágio pós-colisional do Orógeno Araçuaí, que pontuam diversas pequenas intrusões circunscritas, formadas principalmente por rochas charnoenderbíticas, maciças, cinza-escuro e de granulação média.

Unidades de cobertura, com idades que vão do Eocretáceo ao Holoceno, são relativas aos grupos Espírito Santo e Barreiras, assim como pertinentes às formações superficiais, compostas por sedimentos inconsolidados de variada procedência desenvolvidas entre o Pleistoceno e Holoceno (Neógeno).

O Grupo Espírito Santo, exposto apenas por suas unidades superiores, corresponde a um empilhamento sedimentar evoluído na borda continental brasileira, totalizando em torno de 14.000 m de espessura, depositado entre o Cretáceo e o Paleógeno (FRANÇA *et al.*, 2007), que tem sua relevância por abrigar grandes reservatórios de hidrocarbonetos, cuja seção completa pode ser observada na Figura 7.2.

Conforme FRANÇA *et al.* (2007), a evolução tecnostratigráfica da unidade é subdividida em três fases principais, denominadas *Rift* (Neocominano ao Eoaptiano), *Pós-Rift* (Aptiano) e *Drift* (Albiano ao Recente).

Na fase *rift*, associada a um estiramento crustal que gerou falhas normais de direção N-S e NE-SW e formação de *horsts* e semigrabens, foram depositados sedimentos tipicamente continentais (arenitos, conglomerados, folhelhos), principalmente de ambiente lacustre, com contribuição fluvial nas bordas dos falhamentos, enquanto nos altos estruturais foram depositadas coquinas e carbonatos (margas). A fase *pós-rift* é marcada por incursões marinhas em ambiente predominantemente continental, fluviodeltaico e lacustre, que evoluiu para um ambiente preponderantemente marinho restrito (golfo). A sequência sedimentar é formada por arenitos arcosianos, conglomerados, siltitos e folhelhos, recobertos por sequências evaporíticas (halita e anidrita). A fase *drift* marca o efetivo rompimento com o ambiente continental, apresentando características de mar epicontinental a marinho profundo.

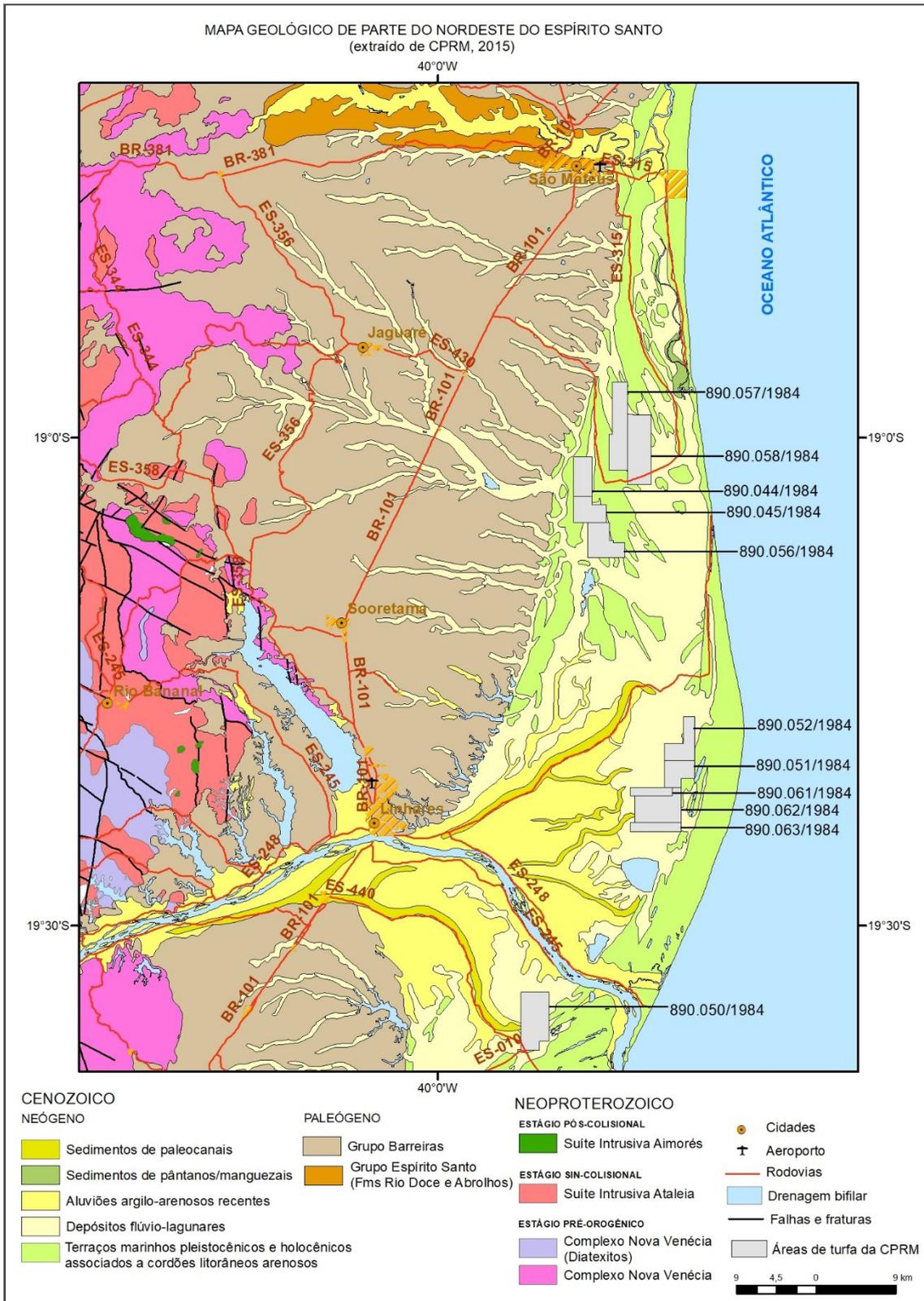
Essa última supersequência é dividida em uma seção marinha transgressiva, uma seção marinha profunda e

uma seção regressiva. Nesta última seção, posterior a um evento vulcânico denominado Abrolhos (59 Ma a 37 Ma), suas unidades de topo, que são aflorantes na região considerada, correspondem a rochas da Formação Rio Doce e a sequências vulcanoclásticas, ligadas a um evento vulcânico explosivo, provavelmente de idade terciária e de caráter cogenético aos sedimentos siliclásticos, que é registrado de forma extensiva ao longo da linha de costa entre o Espírito Santo e a Bahia, cuja dimensão é considerada subestimada até o presente (SGB/CPRM, 2015).

A Formação Rio Doce é correlacionada a um ambiente continental/transicional/marinho raso, e é composta por arenitos feldspáticos, frequentemente conglomeráticos, branco a amarelados, com níveis subordinados de argilitos acinzentados, com camadas mais espessas de argilitos arenosos esverdeados, além de arenitos argilosos e arenitos de cor branca, conglomeráticos e mal selecionados, com seixos de quartzito, e quartzo hialino e esfumado. As rochas vulcanoclásticas, em princípio, são correlacionadas à Formação Abrolhos, tendo como rochas mais representativas ignimbritos de composição dacítica a riolítica (SGB/CPRM, 2015).

O Grupo Barreiras é onipresente ao longo da costa brasileira, do Rio de Janeiro ao Pará, associado geomorfológicamente a relevos na forma de tabuleiros e formando grandes falésias, que são característicos em grande parte do litoral nordestino. Abrange sedimentos continentais, de ambiente fluvial, estruturados em camadas maciças e reportados ao Paleógeno, compostos por arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, finos a grossos, frequentemente conglomeráticos, mal classificados, com intercalações de argilitos bastante impuros. A formação de crostas ferruginosas é um aspecto marcante de suas ocorrências.

As coberturas superficiais, desenvolvidas durante o Neógeno e onde estão inseridos os depósitos de turfa, compreendem depósitos ligados a ambientes fluviais, flúviolacustres, lagunares e marinhos. Recobrem de forma marcante todo o trecho do litoral capixaba, entre os interflúvios dos rios Doce e São Mateus, sendo feições destacáveis extensos cordões litorâneos, que se prolongam de forma contínua por dezenas de quilômetros adjacentes ao litoral.



**Figura 7.1** - Mapa geológico simplificado de parte da porção nordeste do estado do Espírito Santo com localização das áreas de pesquisa de turfa do SGB/CPRM (Elaboração: Ricardo Gallart de Menezes).

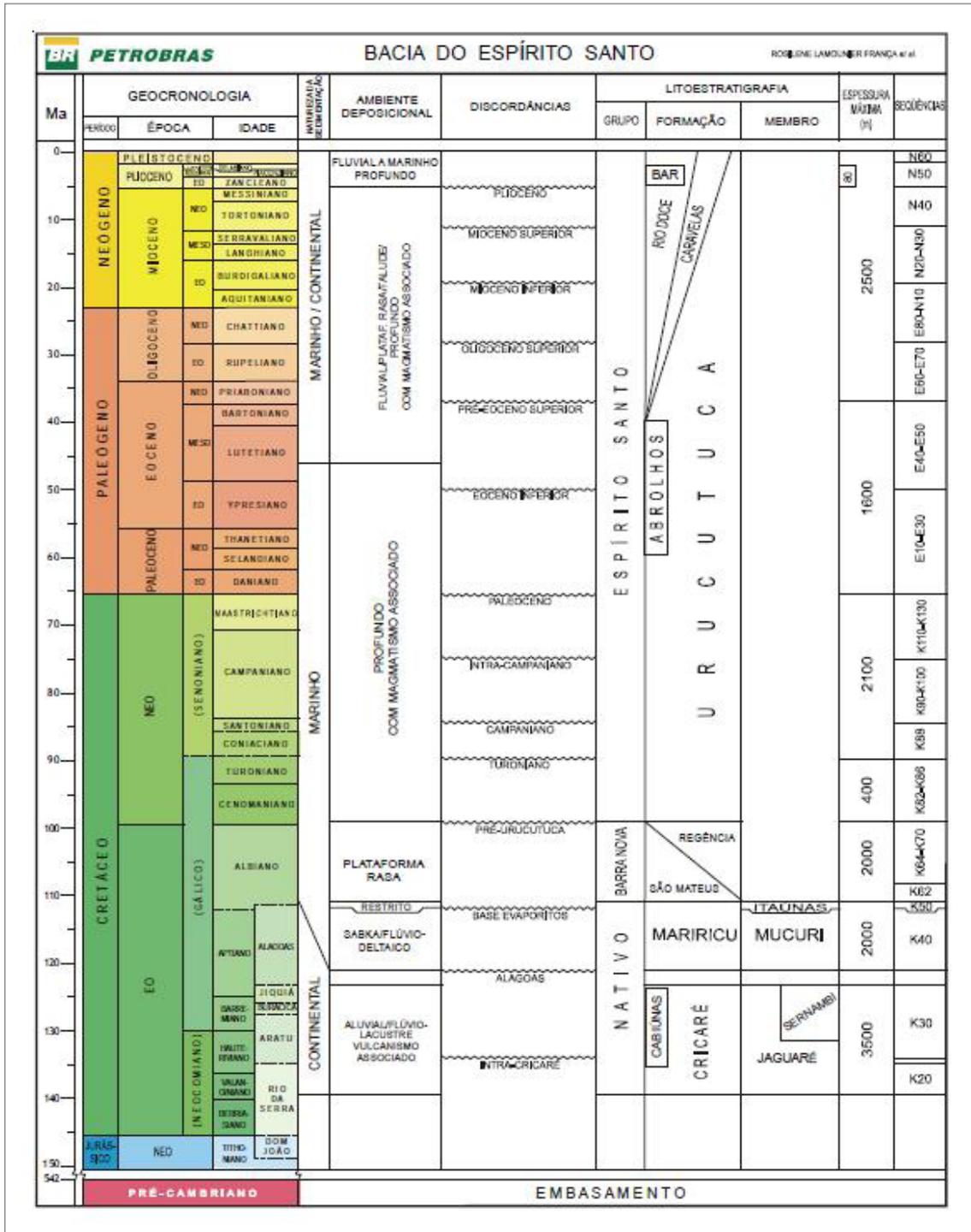


Figura 7.2 - Estratigrafia do Grupo Espírito Santo. Fonte: (FRANÇA et al., 2007).

## 8. GEOLOGIA DAS ÁREAS DOS DEPÓSITOS E CARACTERÍSTICAS DAS TURFAS

O substrato das áreas onde ocorrem as turfeiras, como supracitado, é basicamente dominado por sedimentos siliclásticos inconsolidados com idades que variam do Pleistoceno ao Holoceno, os quais formam uma extensa planície costeira em parte do litoral norte do Espírito Santo, notadamente entre os interflúvios dos rios Doce e São Mateus (Figura 7.1). A origem dos sedimentos e do atual modelado costeiro está conectada à dinâmica marinha, com suas fases transgressivas e regressivas, dos rios e dos ventos, resultando regimes de sedimentação associados a ambientes variados.

Conforme dados apresentados pelo trabalho de integração geológica para o mapa estadual em escala 1:400.000, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2015), nessa planície costeira, de forma sumariada, estão identificados depósitos marinhos litorâneos, que incluem terraços em grande parte estruturados na forma de cordões litorâneos e subparalelos à linha de costa, depósitos fluviolagunares, depósitos de pântanos e manguezais e depósitos fluviais, abrangendo sedimentos de canais e de planícies aluviais associadas às zonas de inundação de rios.

Segundo Martin *et al.* (1980 in FRANCHI *et al.*, 2006), a evolução do litoral brasileiro está relacionada a três principais ciclos de transgressão-regressão marinha, separados por períodos erosivos. O primeiro, iniciado em 1,8Ma, foi responsável em sua etapa regressiva pelo recuo do Grupo Barreiras até sua atual exposição, e erosão de suas bordas, formando leques aluviais coalescentes em suas falésias. Durante o segundo ciclo, que atingiu seu nível máximo a 35 mil anos e encerrado a 17 mil anos, foram depositados cordões litorâneos pleistocênicos alongados na zona intermaré.

O último ciclo transgressivo-regressivo, iniciado no Holoceno (Transgressão Flandriana), deixa como registro três máximos transgressivos sucedidos por regressões do mar. Os níveis máximos decorrentes do avanço do mar foram sucessivamente decrescentes, deixando como testemunhos terraços marinhos na forma de cordões litorâneos subparalelos à linha de costa. Conforme Lima (1982 in FRANCHI *et al.*, 2006), a origem dos depósitos de turfa estudados são creditados a este último ciclo, os quais teriam sido formados durante as fases regressivas intercaladas.

Tendo como referência a região em apreço, de acordo com SUGUIO *et al.* (1982), os terraços marinhos pleistocênicos (cordões litorâneos) foram construídos diretamente contra as falésias entalhadas do Grupo Barreiras, que fecharam os vales afoçados com formação de

lagunas. O estuário que caracterizava a foz do Rio Doce foi progressivamente colmatado ao longo da regressão, sendo instalada sobre os terraços arenosos pleistocênicos uma rede de drenagem no prolongamento dos vales do Barreiras e controlada pela orientação dos cordões litorâneos. De acordo com os autores, a última transgressão marinha, que atingiu seu máximo a 6,5 mil anos, formou um conjunto de ilhas-barreiras que isolaram um sistema lagunar. Sobre os terraços marinhos litorâneos mais antigos, distais da atual linha de costa, e, em grande parte, adjacentes às falésias ditas “mortas” do Grupo Barreiras (fora da ação erosiva do mar e “protegidas” por bancos marinhos), citam que suas zonas intercordões mais largas e mais irregulares, os diferenciam dos terraços mais recentes, holocênicos, que ocorrem adjacentes ou próximos ao litoral. Os autores acrescentaram que cordões litorâneos holocênicos mais internos formaram espécies de “ilhas arenosas” separadas por zonas baixas e pantanosas.

Os depósitos marinhos, basicamente, são descritos como constituídos por areias brancas quartzosas grossas até finas, bem a moderadamente classificadas, sendo registrados nos terraços pleistocênicos alteração da cor das areias, que se tornam mais acastanhadas a profundidade, devido à impregnação por matéria orgânica. Estruturas sedimentares, como estratificações cruzadas de baixo ângulo e espinha de peixe, indicam condições de formação em ambiente marinho em zona de maré baixa (CPRM, 2015). A ação eólica sobre os terraços marinhos é evidenciada pela identificação de pretéritas dunas, que têm sua importância na formação dos ambientes de turfeiras.

Os depósitos fluviolagunares, considerados mais recentes, holocênicos, são formados por sedimentos sílticos e arenoargilosos ricos em matéria orgânica, podendo apresentar grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares. De modo geral, separam terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, ou estão presentes nos cursos inferiores dos grandes vales não preenchidos por sedimentos fluviais. Estão ligados a sistemas lagunares estabelecidos atrás de ilhas-barreiras arenosas gerados por transgressões do mar (CPRM, 2015).

Os depósitos fluviais recentes estão associados a zonas de inundação promovidas, principalmente, pela Bacia do Rio Doce. São constituídos por areias quartzosas grossas, angulosas e mal selecionadas, frequentemente conglomeráticas, micáceas, e com intercalações argilo-sílticas e argilosas.

Ocupam expressiva área da planície costeira. Os depósitos de paleocanais, por sua vez, estão localizados quase sempre na área de desembocadura do Rio Doce e correspondem a sedimentos arenosos depositados em antigas calhas ao tempo em que o nível de base desse rio era superior ao atual (CPRM, 2015).

Os depósitos de mangues e de pântanos recentes são muito restritos na região, sendo caracterizados por sedimentação pelítica, localmente arenosa, quase sempre ricos em matéria orgânica, podendo conter fragmentos de madeira e conchas de moluscos.

Conforme os relatos dos trabalhos de pesquisa das áreas do SGB/CPRM, nas regiões onde estão inseridas as turfeiras predominam sedimentos marinhos e fluviais, os primeiros formados predominantemente por grãos de quartzo bem selecionados, com granulometria de areia fina a média e subarredondados, de coloração bege-claro, correlacionados a cordões litorâneos. Os depósitos fluviais, por sua vez, são formados por sedimentos silticos e/ou arenoargilosos, intercalados entre si, geralmente, com coloração acinzentada, podendo apresentar grande quantidade de matéria orgânica e de organismos ligados a ambientes lagunares. É comum, em toda as regiões, a presença de extensas áreas constantemente alagadas ou pantanosas, que são consideradas sítios naturais para desenvolvimento de turfas.

Especificamente com relação às turfeiras, consideradas como formadas em ambientes fluviolagunares, o substrato inferior das camadas de turfas, no geral, é argiloso e plástico, muito liguento, centimétrico, frequentemente com as argilas incluindo fração arenosa fina a média subordinada, assim como misturadas com diminutas placas de muscovita. Esse substrato argiloso apresenta predominantemente coloração acinzentada, com variações locais para cinza-esverdeado, podendo encerrar esparsas porções lenhosas e restos de vegetais parcialmente decompostos envolvidos por argilas com coloração cinza-amarronzado a parda.

Vários furos a trado registraram, abaixo do substrato argiloso, camadas de areias quartzosas lavadas, bem selecionadas, com coloração cinza-claro a bege, finas a médias, subarredondadas, para as quais é presumida sua correspondência com antigos terraços marinhos. O contato entre a camada de turfa com o substrato argiloarenoso basal, em geral, é brusco, sendo anotado, entretanto, locais onde ocorre uma zona de transição marcada pela presença persistente de níveis de turfa argilosa e/ou argila turfácea, de cor marrom a parda, com restos de plantas parcialmente decompostas envolvidas por uma matriz argilosa.

Uma seção completa formulada para os depósitos é descrita, de modo geral, como formada pela seguinte sequência, do topo para a base: solo húmico (manchas localizadas e restritas), turfa, turfa argilosa e/ou argila turfácea, argila e areia.

As características dos depósitos de turfa são apresentadas a seguir, conforme dados dos projetos de pesquisa do SGB/CPRM.

#### • TURFEIRA CÓRREGO GRANDE DO MEIO

De modo geral, o que se observa no depósito de Córrego Grande do Meio é uma camada inicial de turfa fibrosa, com espessura média de um metro, formada por um emaranhado de raízes, caules milimétricos e folhas, entre outros, misturados a restos de plantas nativas de pântano, com diferentes estágios de decomposição. Exibem coloração que varia localmente de avermelhada a amarronzada-parda a escura.

As fibras vegetais são descritas como longas, finas e preservadas, facilmente distinguíveis, associadas localmente a porções lenhosas, formadas por caules centimétricos de plantas nativas, principalmente aningas, e, em menor proporção, arbustos do brejo. Em trechos determinados, o aglomerado fibroso encontra-se imerso numa massa macia de matéria orgânica marrom.

Abaixo desse horizonte, a matéria turfácea também é de natureza fibrosa, porém mais evoluída e com suas fibras menos preservadas e com tamanhos menores do que àquelas do horizonte superior. A turfa tende ao tipo hêmico ou situa-se numa faixa intermediária entre turfa fibrosa e hêmica. A coloração, em geral, apresenta pouca variação, entre a cor marrom-escura a quase preta, salvo em alguns pontos da camada, onde apresenta coloração marrom a parda ou mesmo cinza-escuro.

Suas fibras constituintes formam um emaranhado de raízes, onde se constata as presenças de caules milimétricos e folhas de plantas parcialmente decompostas, além de porções lenhosas de forma esporádica.

Nas amostras coletadas por amostrador a pistão, as porções fibrosas estão dispostas longitudinalmente ao cilindro amostrado, sendo observado localmente na amostra restos de folhas mais largas, bem como pedaços de caules imprensados e horizontalizados. O odor despreendido pelo material é moderado a fraco, não raro fétido.

Localmente, um percentual de argila pode ocorrer, tornando o concentrado orgânico levemente untuoso ao tato.

Em determinados trechos da camada turfácea, o estágio de alteração da turfa pode variar tanto horizontal quanto verticalmente, com o material comportando-se desde uma turfa essencialmente fibrosa até evoluir para uma turfa mais decomposta, de natureza hêmica.

A área aproximada ocupada pelo depósito é de 2.900 hectares, com a espessura máxima da camada de turfa atingindo 4,0 m. A espessura média para toda a área mineralizada, no entanto, é calculada em torno de 1,58 m. A turfa revelou-se de excelente qualidade, contendo um teor médio de cinzas muito baixo (4,89%) e um alto poder calorífico (5.349,37 cal/g).

#### • TURFEIRA BARRA SECA

A turfeira ocupa uma área de 1600 ha, dos 5.600 ha que formam as três áreas requeridas relativas aos processos DNPM 890.044/84, 890.045/84 e 890.056/84. A turfa é descrita como associada a uma camada turfácea homogênea superficial, com 0,90 m em média de espessura, variando de poucos centímetros a 2 m que se estende por 11,4 km na direção N-S. Essa camada turfácea, de formação mais recente, é composta por uma turfa bastante fibrosa, constituída por um emaranhado de raízes, muitas delas vivas, caules milimétricos, bem como caules mais espessos, variando entre 1 cm e 6 cm de diâmetro, maciços, sendo principalmente constituídos de aningas, taboas, e, em menor proporção, de outros arbustos palustres. Folhas de plantas completam a associação orgânica, estando o conjunto em estágio inicial de decomposição. A camada turfácea apresenta coloração que varia de cinza-amarronzado a marrom-escuro, esta última devido à presença de uma massa de matéria orgânica mais decomposta. Em trechos onde o material encontra-se praticamente inalterado, os vegetais que constituem a turfa, principalmente aqueles relativos a porção lenhosa, quando presentes, apresentam coloração bege a parda, às vezes exalando odor fétido.

Geralmente, as fibras são longas e representadas principalmente por raízes. Em locais restritos, o grau de decomposição da turfa varia tanto horizontalmente como em profundidade e suas fibras tornam-se médias a curtas, mais escuras e menos resistentes, com uma coloração marrom-escuro a preta, esta última indicativa de uma turfa mais evoluída. O odor característico liberado é fraco a incipiente e pode conter, esporadicamente, determinada percentagem de argila, responsável por um tato macio e untuoso.

De acordo com as informações, no extremo ocidental da área de pesquisa 890.056/84, bem como naquelas relativas aos processos nºs 890.044/84 e 890.045/84, a zona turfácea apresenta um maior grau de evolução, com a camada aflorante permitindo, na maioria das vezes, sua amostragem através de amostrador a pistão, não sendo necessária a utilização de cavadeira “boca de lobo”, indicada para turfas com grande percentagem de fibras vegetais.

Conforme os dados, nas áreas referente aos processos DNPM 890.044/84 e 890.045/84, o horizonte turfáceo comporta-se de maneira ondulada junto ao embasamento, em função da grande oscilação da espessura longitudinalmente, que varia de poucos centímetros a até 2,0 m, que foi a maior espessura encontrada, registrada no extremo norte no âmbito do processo nº 890.044/84.

Conforme a escala de humificação de von Post, a turfeira estaria situada entre H2 e H4,

enquadrando-se, porém, com mais frequência, no grau H3. A turfa é considerada de excelente qualidade, contendo um teor médio de cinzas muito baixo (5,10%) e um alto poder calorífico (5.176,56 cal/g).

#### • TURFEIRA SUTAR

Conforme dados da pesquisa, a Turfeira Sutar (processos DNPM 890.051/84, 890.052/84, 890.061/84, 890.062/84 e 890.063/84) que, como as demais, dispõe-se como uma camada longitudinal, tem sua maior espessura na sua região central, onde foi medido 2,00 m de turfa, sendo ainda constatado seu afunilamento nos seus extremos a leste e a oeste, assim como em sentido norte do depósito.

O horizonte turfáceo é descrito como de natureza fibrosa, aflorante, com espessura média de 1,0 m, sendo constituído por um aglomerado de restos vegetais nativos, exibindo fibras de tamanhos longos a médios, representadas por pedaços de raízes (muitas delas vivas), caules de diâmetros milimétricos, folhas, às vezes, porções lenhosas, parcialmente decompostas. As raízes, na maioria das vezes, estão dispostas verticalmente, enquanto caules, folhas e restos lenhosos esporádicos, horizontalmente. A coloração da matéria turfácea varia de marrom a marrom-escuro, e o odor desprendido oscila entre incipiente a acentuado. Em locais determinados, os restos vegetais estão envolvidos por uma massa orgânica, macia e com coloração amarronzada. As fibras vegetais, nesses casos, são mais claras que o material envolvente. Não há registro da presença de argilas ou areias no horizonte turfáceo, salvo nas proximidades de contatos com sedimentos marinhos ou fluviais.

Em profundidades abaixo de 1,0 m, a turfa apresenta-se com maior grau de decomposição, com o tamanho das fibras vegetais mais reduzidas. A presença de porções lenhosas é percentualmente mais evidente, podendo se esfarelar quando pressionadas entre os dedos, em função do seu maior grau de degradação. A coloração do material turfáceo já apresenta maior escurecimento, predominando cores entre marrom-escuro e preta. Nesse nível, verifica-se ainda aumento significativo de argila, fato explicado pela proximidade com a camada basal francamente pelítica. Um nível centimétrico de argila cinza-escuro a preta, impregnada de matéria orgânica, marca uma transição da turfa propriamente dita para a camada basal argilosa mais pura. Esta última tem cor acinzentada, é untuosa ao tato, tem características plásticas, e apresenta diminutas placas de muscovita. Não é incomum a ocorrência de traços de areia fina, com percentuais mais elevados localmente, assim como a argila envolvendo restos de plantas parcialmente decompostas, de forma pontual, e com coloração cinza-amarronzado a parda.

No geral, a turfa no Depósito Sutar é de natureza fibrosa, localmente com tendência para turfa hêmica. Conforme o grau de humificação de von Post, a turfa, como verificado nos depósitos anteriores, também é avaliada entre as escalas H2 e H4, predominando, entretanto, turfa com características de grau H3. Como citado antes, a espessura máxima medida para a turfa foi de 2,00 m, sendo a espessura média para toda a área mineralizada calculada em 1,14 m. A turfa é considerada de excelente qualidade, contendo um teor médio de cinzas relativamente baixo (8,47%) e um alto poder calorífico médio (5.091,26 cal/g).

#### • TURFEIRA RIO DOCE

A área da Turfeira Rio Doce corresponde ao do polígono do processo DNPM 890.050/84, que tem 1.873,02 hectares e onde a camada turfácea aflora em quase toda a sua extensão, com apenas 20% recoberta por sedimentos arenosos associados a terraços marinhos e argiloarenosos fluviais. Como é comum aos depósitos de turfa na região, a camada turfácea tem disposição longitudinal, estendendo-se por mais de 2,5 km de norte a sul.

A turfa, diferentemente dos outros depósitos, tem trechos onde aflora como uma massa ressecada e prensada, em função da abertura de canais de drenagens por terceiros, que utilizam a área para pastagens, fato principalmente registrado no norte do depósito

A espessura da turfa, em geral, é muito variável, com um mínimo de 0,14 m (furo RM-105), anotado no canto sudoeste do depósito, e um máximo de 2,90 m (furo RM-126) no seu extremo oeste. Entretanto, é perceptível, de acordo com a malha de furos, que as maiores espessuras da camada turfácea ocorrem na porção norte do depósito, sendo, entretanto, localmente anotadas espessuras acima de 2 m em segmentos centro-orientais.

O seu estágio de formação varia de uma turfa fibrosa, que gradativamente tende à hêmica em profundidade, conforme aumenta o grau de degradação da matéria orgânica. A turfa hêmica caracteriza-se por fibras bem curtas, enquanto a fibrosa por fibras com tamanhos médios a curtos, prevalecendo as primeiras dimensões. A matéria orgânica da turfa fibrosa é constituída, principalmente, por raízes de capim, restos de folhas, caules milimétricos, além de comportarem, localmente, porções lenhosas. Geralmente, é de ótima qualidade em função do baixo percentual de argila. Apresenta coloração marrom-escura (quanto mais úmida) a parda, e pode desprender odor característico fraco a incipiente. Já a turfa hêmica, onde ressecada, como no furo RM-117, aparenta aspecto de cortiça, sendo constituída por restos de folhas e de raízes e caules milimétricos parcialmente decompostos. Onde seca, sua coloração é marrom-clara, e quando úmida, marrom-escura. Na parte mais profunda do furo RM-119

(2,37 m de turfa), próximo ao embasamento argiloso, a turfa hêmica é descrita como bastante evoluída, macia, e formada por uma massa pastosa envolvendo restos de folhas e raízes de plantas decompostas, de coloração marrom-escura a preta, praticamente sem odor característico. A espessura média da turfa na área ressecada é calculada em 1,05 m, baseada em 11 seções de furos a trado.

O aumento da espessura turfácea em sentido à porção norte do depósito, como antes citado, é atribuído ao maior grau de umidade da turfa em relação aos outros setores do depósito, aspecto que também explica a maior concentração de canais de escoamento de águas nesses segmentos. Quanto mais afastado o composto orgânico se encontrar dos canais de drenagem, tão mais úmido e encharcado ele se apresenta.

O perfil da turfa nessa região mais úmida tem como camada superficial uma turfa com característica fibrosa, com espessura média de 1,0 m, composta por um emaranhado tramado de raízes, muitas delas vivas e caules milimétricos de capim, caules centimétricos de taboa e aninga, estes com até 5 cm de diâmetro, além de folhas, de plantas palustres. O grau de degradação da matéria orgânica varia de fraca e medianamente decomposta. Localmente, a turfa é de formação recente e totalmente preservada, apresentando coloração das fibras entre bege-amarelada a marrom-avermelhada, podendo desprender odor fétido acentuado a moderado. No geral, entretanto, o que se observa é uma turfa de coloração marrom-escura predominante, devido à existência de uma matéria orgânica envolvente, com seu odor típico variando entre fraco a incipiente. As fibras componentes são de tamanho longo e, em menor proporção, médio. Em trechos localizados, o material aflorante pode apresentar-se mais evoluído e macio ao tato, devido ao maior grau de decomposição da matéria orgânica, que exibe coloração mais escura, quase preta.

Como observado em todos os depósitos de turfa anteriores, a camada turfácea Rio Doce também está assentada sobre uma argila plástica acinzentada, com variações para cores bege-amarelada, isenta de matéria orgânica e com grande quantidade de diminutas placas de micas, assim como apresentando, de forma esparsa, frações de areias finas, definidas em delgados níveis ou misturadas às argilas. Além de bruscas, as passagens da turfa para o embasamento argiloso também são descritas como gradativas, como ocorre nos depósitos anteriores, marcadas pela presença de camadas centimétricas de argilas turfáceas marrons a pardas, e, mais restritamente, argilas cinza-escuro a pretas, impregnadas de matéria orgânica. Não é raro a ocorrência de porções lenhosas e restos de plantas semidecompostas em meio a argila basal. Furos executados no extremo sul da turfeira registraram, abaixo da camada argilosa, a ocorrência de areias

de granulometria fina a média, acinzentada, localmente pontilhada por palhetas de moscovita e com traços de argila. A espessura média para o Depósito Rio Doce é calculada em 1,61 m, sendo a turfa considerada de excelente qualidade, com teor médio de cinzas relativamente baixo (11,93%) e um alto poder calorífico (4.778,38 cal/g).

#### • GÊNESE DOS DEPÓSITOS

O processo de formação de uma turfeira inicia-se pela decomposição dos detritos vegetais que preenchem, lentamente, uma depressão. As camadas basais de turfa são formadas pelos primeiros vegetais acumulados, tais como algas e outros organismos aquáticos, como fungos (*Eumycota fungi*), e, em menor proporção, espículas e microscleras de esponjas. Ao longo do tempo, essa depressão, devido à invasão da vegetação marginal constituída por gramíneas, ciperáceas, juncos e árvores, vai se tornando mais rasa, até se transformar em pântanos, onde os restos orgânicos alteram-se gradativamente em turfa, quando cobertos e protegidos pela água.

De um modo geral, o perfil de uma turfeira típica pode apresentar camadas bem decompostas, pretas, indicando um período prolongado de imersão aquática. Plantas que vicejam abaixo do nível d'água, geralmente, compõem os estratos mais inferiores do perfil de uma turfeira, as quais são caracterizadas por um aspecto coloidal e livres de materiais fibrosos.

Entretanto, no que tange as turfeiras em pauta, tal fato não ocorre, pois os estratos pesquisados são resultados do produto de plantas que, em maior proporção, crescem acima do nível d'água, dando origem principalmente a uma turfa fibrosa, localmente lenhosa.

As turfeiras são interpretadas como desenvolvidas em ambiente misto, ou seja, parálico-límnico, formadas em áreas deprimidas entre pretéritas dunas geradas pela ação eólica sobre antigos terraços marinhos. A origem das áreas rebaixadas com os depósitos de turfa, retratadas por lagoas em depressões intertributárias, cavas e pequenos canais costeiros isolados por cordões marinhos, é atribuída principalmente a uma fase regressiva do mar ocorrida a 5.000 anos (CPRM, 2015). Por hipótese, pode-se supor que as condições redutoras para formação dessa turfeira de natureza mista foram atingidas durante essa regressão marinha, devido ao isolamento de lagoas e lagos de planícies de inundação de rios.

Estudos palinológicos, em amostras de turfa dos depósitos em apreço, revelaram a presença de organismos típicos de ambiente d'água doce, quente e úmido, como de ambiente marinho-lagunar e/ou de água doce, indicando ambiente de transição ou misto (fluviolagunar com influência marinha). Os materiais analisados são de idade recente, conforme sugerem as palinofácies encontradas, onde foram identificados fungos, angiospermas, vestígios de metazoários poríferos, como espículas e microscleras de esponjas, assim como a presença de diatomáceas de formas penadas, indicando ambiente de água doce ou salobra (laguna ou rio).

A existência dominante de um embasamento, ou mesmo de um revestimento argiloso que capeia o substrato da turfeira, caracteriza um ambiente de sedimentação muito calmo, como o de laguna. Além do mais, pelas proximidades do oceano, pode-se assegurar que provavelmente o caustobiólito formou-se em ambiente de transição ou misto (fluviolagunar com influência marinha).

## 9. PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS

Este capítulo descreve o processo de resgate e conversão dos dados analógicos que formam o acervo dos projetos de pesquisa para turfa do SGB/CPRM para arquivos digitais, sendo detalhadas 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 por meio de acesso livre do acervo institucional, que contém documentações técnicas digitalizadas em formato PDF, datadas da década de 1980. Desses relatórios foram extraídas as informações referentes às áreas de interesse, com seleção de temas e dados para reavaliação do potencial da área e dos recursos geológicos do depósito.

As fontes dos dados constituíram quatro trabalhos de pesquisa própria para turfa, pertinentes ao Projeto Linhares – Turfa no Espírito Santo, os quais finalizados em 1988, e que incluem os relatórios intitulados: Turfeira Rio Doce, Turfeira Sutar, Turfeira Barra Seca e Turfeira Córrego Grande do Meio. Dos trabalhos, foram obtidos os dados fundamentais para os estudos de modelagem e caracterização tecnológica das turfás, oriundos basicamente de perfis de sondagens a trado e de ensaios analíticos, especificamente, para a determinação da umidade (amostra *in natura* e base seca), matéria volátil (base úmida e seca), teor de cinzas (base úmida e seca), teor de carbono fixo (base úmida e seca), poder calorífico (base seca) e teor de enxofre (base úmida).

### 9.1. ESCAVAÇÕES E SONDAJENS

De acordo com os dados dos relatórios de pesquisa, nas áreas relativas aos depósitos de turfa de Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Sutar e Rio Doce foram realizados 326 furos a trado, dispostos em malhas regulares, dos quais 304 descritos, totalizando 494,38 m perfurados. Foram coletadas 134 amostras, sendo 117 analisadas. Os furos encontram-se listados nas Tabelas 9.1 a 9.4, discriminados por depósito e com suas respectivas profundidades.

Para a realização dos trabalhos de perfuração do material turfáceo, optou-se pelo método de sondagem a trado, considerado o mais indicado para uma boa amostragem das turfás, devido ao fácil manuseio e maior rapidez na amostragem em relação a qualquer outro método. Para a coleta de material, em geral, foi utilizado o amostrador a pistão. Entretanto, em muitos casos, em função das características das turfás, notadamente

as fibrosas e com menor grau de degradação, o uso do amostrador a pistão mostrou-se inadequado, sendo utilizado, como alternativa, cavadeiras do tipo “boca de lobo”.

A metodologia de trabalho para cada furo compreendeu a descrição minuciosa das camadas caracterizadas e sua amostragem para fins analíticos, sendo as amostras acondicionadas em sacos plásticos e identificadas sequencialmente a partir do topo para a base.

**Tabela 9.1** - Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Córrego Grande do Meio.

TURFEIRA CÓRREGO GRANDE					
N	Furo	Metros	N	Furo	Metros
1	4013-WP-001	4,00	29	4013-RM-047	0,90
2	4013-WP-002	2,50	30	4013-RM-048	1,90
3	4013-WP-003	3,00	31	4013-RM-049	2,60
4	4013-WP-004	2,00	32	4013-RM-050	3,25
5	4013-WP-005	1,05	33	4013-RM-051	2,20
6	4013-WP-006	1,52	34	4013-RM-052	1,00
7	4013-WP-007	1,05	35	4013-RM-053	1,50
8	4013-WP-008	1,52	36	4013-RM-054	1,25
9	4013-WP-009	0,10	37	4013-RM-055	2,00
10	4013-WP-010	1,90	38	4013-RM-056	0,60
11	4013-WP-011	0,83	39	4013-RM-057	1,50
12	4013-WP-012	3,00	40	4013-RM-058	2,00
13	4013-WP-013	2,00	41	4013-RM-059	2,00
14	4013-WP-014	2,00	42	4013-RM-060	2,00
15	4013-WP-015	3,00	43	4013-RM-061	2,00
16	4013-WP-016	4,00	44	4013-RM-062	2,40
17	4013-WP-017	2,77	45	4013-RM-063	4,00
18	4013-WP-018	2,00	46	4013-RM-064	2,00
19	4013-WP-019	3,00	47	4013-RM-065	2,00
20	4013-WP-020	0,80	48	4013-RM-066	1,00
21	4013-WP-021	1,84	49	4013-RM-067	0,80
22	4013-WP-022	2,00	50	4013-RM-068	2,00
23	4013-RM-041	4,40	51	4013-RM-069	1,40
24	4013-RM-042	4,20	52	4013-RM-070	1,00
25	4013-RM-043	3,70	53	4013-RM-071	1,00
26	4013-RM-044	2,90	54	4013-RM-072	1,30
27	4013-RM-045	1,60	55	4013-RM-073	1,00
28	4013-RM-046	1.15	56	4013-RM-074	1,50

**Tabela 9.2** - Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Barra Seca.

TURFEIRA BARRA SECA											
N	Furo	Metros	N	Furo	Metros	N	Furo	Metros	N	Furo	Metros
1	4013-WP-026	2,00	29	4013-RM-098	1,70	57	4013-CS-033	1,65	85	4013-RR-097	1,80
2	4013-WP-027	2,00	30	4013-RM-102	2,00	58	4013-CS-040	0,50	86	4013-RR-098	1,00
3	4013-WP-028	1,10	31	4013-RM-103	1,40	59	4013-CS-041	0,50	87	4013-RR-099	0,91
4	4013-WP-029	2,00	32	4013-RM-104	1,00	60	4013-CS-042	2,00	88	4013-RR-100	0,50
5	4013-WP-030	2,00	33	4013-RM-206	2,00	61	4013-CS-043	1,00	89	4013-RR-101	2,00
6	4013-RM-075	1,20	34	4013-RM-207	2,00	62	4013-CS-044	2,00	90	4013-RR-102	2,00
7	4013-RM-076	1,40	35	4013-RM-208	1,00	63	4013-CS-045	1,75	91	4013-RR-103	1,70
8	4013-RM-077	1,70	36	4013-RM-209	1,00	64	4013-CS-046	2,00	92	4013-RR-104	0,65
9	4013-RM-078	1,74	37	4013-RM-210	2,00	65	4013-CS-047	0,49	93	4013-RR-105	0,84
10	4013-RM-079	1,86	38	4013-RM-211	2,00	66	4013-CS-048	1,90	94	4013-RR-106	1,40
11	4013-RM-080	1,90	39	4013-RM-212	1,00	67	4013-CS-049	1,48	95	4013-RR-107	2,00
12	4013-RM-081	1,10	40	4013-RM-214	1,70	68	4013-CS-050	0,50	96	4013-RR-108	1,80
13	4013-RM-082	0,90	41	4013-RM-219	0,30	69	4013-CS-051	0,65	97	4013-RR-109	2,00
14	4013-RM-083	2,00	42	4013-RM-220	2,80	70	4013-CS-052	1,57	98	4013-RR-110	1,80
15	4013-RM-084	2,00	43	4013-RM-221	1,00	71	4013-CS-053	2,77			
16	4013-RM-085	2,00	44	4013-RM-222	1,00	72	4013-CS-054	0,73			
17	4013-RM-086	1,90	45	4013-RM-223	1,00	73	4013-CS-055	0,82			
18	4013-RM-087	2,00	46	4013-RM-224	2,00	74	4013-CS-056	2,00			
19	4013-RM-088	1,90	47	4013-RM-225	2,00	75	4013-CS-057	2,00			
20	4013-RM-089	2,00	48	4013-RM-226	0,90	76	4013-CS-062	2,00			
21	4013-RM-090	1,00	49	4013-CS-025	0,52	77	4013-CS-063	2,00			
22	4013-RM-091	2,00	50	4013-CS-026	1,00	78	4013-RR-090	1,00			
23	4013-RM-092	1,85	51	4013-CS-027	0,77	79	4013-RR-091	2,00			
24	4013-RM-093	2,00	52	4013-CS-028	1,00	80	4013-RR-092	1,30			
25	4013-RM-094	1,65	53	4013-CS-029	1,55	81	4013-RR-093	1,00			
26	4013-RM-095	1,00	54	4013-CS-030	1,73	82	4013-RR-094	1,00			
27	4013-RM-096	1,57	55	4013-CS-031	0,90	83	4013-RR-095	0,45			
28	4013-RM-097	2,00	56	4013-CS-032	0,70	84	4013-RR-096	0,20			

**Tabela 9.3** - Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Rio Doce.

TURFEIRA RIO DOCE								
N	Furo	Metros	N	Furo	Metros	N	Furo	Metros
1	4013-WP-001	0,45	29	4013-WP-029	1,51	57	4013-RM-124	2,00
2	4013-WP-002	1,00	30	4013-WP-030	0,76	58	4013-RM-125	1,00
3	4013-WP-003	1,65	31	4013-WP-031	2,73	59	4013-RM-126	4,00
4	4013-WP-004	0,67	32	4013-WP-032	2,00	60	4013-RM-127	2,00
5	4013-WP-005	0,50	33	4013-WP-033	2,60	61	4013-RM-129	3,00
6	4013-WP-006	0,56	34	4013-WP-034	1,00	62	4013-RM-130	1,80
7	4013-WP-007	0,58	35	4013-WP-035	0,48	63	4013-RM-131	1,88
8	4013-WP-008	0,70	36	4013-WP-036	0,65	64	4013-RM-134	3,00
9	4013-WP-009	0,73	37	4013-WP-037	0,30	65	4013-RM-135	2,78

Continua

**Tabela 9.3** - Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Rio Doce (continuação).

TURFEIRA RIO DOCE								
10	4013-WP-010	0,40	38	4013-WP-038	0,12	66	4013-RM-136	2,00
11	4013-WP-011	1,00	39	4013-WP-039	0,30	67	4013-RM-137	3,00
12	4013-WP-012	0,68	40	4013-WP-040	0,48	68	4013-RM-140	2,00
13	4013-WP-013	1,00	41	4013-WP-041	0,37	69	4013-RM-141	3,00
14	4013-WP-014	0,72	42	4013-WP-042	0,20	70	4013-RM-144	1,80
15	4013-WP-015	0,65	43	4013-WP-047	2,67	71	4013-RM-145	1,20
16	4013-WP-016	0,25	44	4013-WP-048	3,00	72	4013-RM-146	1,00
17	4013-WP-017	0,11	45	4013-RM-105	0,50			
18	4013-WP-018	0,16	46	4013-RM-106	1,00			
19	4013-WP-019	0,05	47	4013-RM-107	0,80			
20	4013-WP-020	0,35	48	4013-RM-113	2,00			
21	4013-WP-021	0,10	49	4013-RM-114	2,00			
22	4013-WP-022	2,00	50	4013-RM-116	1,25			
23	4013-WP-023	0,75	51	4013-RM-117	0,70			
24	4013-WP-024	0,05	52	4013-RM-118	0,80			
25	4013-WP-025	0,05	53	4013-RM-119	3,00			
26	4013-WP-026	1,48	54	4013-RM-120	3,00			
27	4013-WP-027	0,72	55	4013-RM-122	2,00			
28	4013-WP-028	1,48	56	4013-RM-123	3,00			

**Tabela 9.4** - Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Sutar.

TURFEIRA SUTAR								
N	Furo	Metros	N	Furo	Metros	N	Furo	Metros
1	4013-AP-028	2,00	29	4013-RM-184	3,00	57	4013-RR-041	2,00
2	4013-AP-029	2,00	30	4013-RM-185	2,00	58	4013-RR-042	1,66
3	4013-AP-034	1,00	31	4013-RM-186	0,60	59	4013-RR-043	0,70
4	4013-AP-037	1,00	32	4013-RM-187	2,00	60	4013-RR-044	1,80
5	4013-AP-038	0,20	33	4013-RM-189	3,00	61	4013-RR-045	2,00
6	4013-AP-039	0,33	34	4013-RM-190	2,70	62	4013-RR-047	1,52
7	4013-AP-040	2,00	35	4013-RM-191	2,00	63	4013-RR-048	1,00
8	4013-AP-041	1,00	36	4013-RM-196	1,80	64	4013-RR-053	0,90
9	4013-AP-042	1,00	37	4013-RM-200	2,00	65	4013-RR-054	2,00
10	4013-AP-043	2,00	38	4013-RM-201	0,70	66	4013-RR-055	0,20
11	4013-AP-044	2,00	39	4013-CS-001	1,00	67	4013-RR-056	0,20
12	4013-AP-045	2,00	40	4013-CS-002	1,65	68	4013-RR-057	0,20
13	4013-AP-046	2,00	41	4013-CS-003	2,00	69	4013-RR-058	2,00
14	4013-AP-047	0,20	42	4013-CS-004	0,65	70	4013-RR-059	2,00
15	4013-AP-048	0,25	43	4013-CS-007	1,90	71	4013-RR-061	1,00
16	4013-AP-049	0,45	44	4013-CS-008	2,00	72	4013-RR-062	1,70
17	4013-AP-050	2,00	45	4013-CS-024	1,45	73	4013-RR-063	2,00
18	4013-AP-051	1,61	46	4013-RR-029	1,00	74	4013-RR-064	1,68
19	4013-AP-052	0,35	47	4013-RR-030	1,00	75	4013-RR-069	2,00

Continua

**Tabela 9.4 -** Lista dos furos realizados no depósito da Turfeira Sutar (continuação).

TURFEIRA SUTAR								
20	4013-AP-053	1,00	48	4013-RR-031	1,00	76	4013-RR-070	2,00
21	4013-AP-054	2,00	49	4013-RR-032	1,00	77	4013-RR-078	2,00
22	4013-AP-055	1,00	50	4013-RR-033	1,00	78	4013-RR-079	2,00
23	4013-AP-056	0,20	51	4013-RR-034	2,00			
24	4013-AP-057	0,50	52	4013-RR-035	2,00			
25	4013-RM-178	1,56	53	4013-RR-036	2,00			
26	4013-RM-179	2,00	54	4013-RR-037	2,00			
27	4013-RM-182	2,00	55	4013-RR-038	2,00			
28	4013-RM-183	0,86	56	4013-RR-039	2,00			

### 9.1.1. Resgate dos Perfis Descritivos dos furos de sondagem

Os perfis descritivos dos furos de sondagem, resgatados para o presente trabalho, constam em arquivos anexos presentes nos relatórios finais de

pesquisa, sendo formados por tabelas com dados básicos, que compreendem o código de identificação de cada furo, as espessuras dos intervalos litológicos (camadas sedimentares), e descrição de cada um sobre suas características intrínsecas, conforme mostra o exemplo da Figura 9.1.

CÓDIGO	AVANÇO (m)	LITOLOGIA E AMOSTRAGEM
4013-WP-001	0,00 a 1,00	Turfa muito fibrosa, constituída de uma trama vegetal, não apresentando cheiro característico; avermelhada.
	1,00 a 2,00	Não houve recuperação.
	2,00 a 3,00	Turfa amarronzada, já bem decomposta com algumas fibras preservadas e um leve odor característico. Os 5 cm finais apresentam-se um pouco argiloso e levemente arenoso.
	3,00 a 3,60	Turfa marrom escura, mais decomposta que o intervalo anterior, tendendo para hêmica, mas ainda com fibras preservadas.
4013-WP-002	3,60 a 4,00	Argila cinza amarronzada.
	0,00 a 1,00	Turfa avermelhada, muito fibrosa com as fibras bem preservadas, sem odor.
	1,00 a 2,00	Não houve recuperação.
4013-WP-003	2,00 a 2,42	Turfa cinza escura, bem decomposta com poucas fibras preservadas
	2,42 a 2,50	O início do intervalo (5 cm) é constituído de argila cinza escura e o restante de areia fina, cinza.
4013-WP-003	0,00 a 1,00	Turfa constituída de um entrelaçado de vegetais (raízes de capim), semidecompostos, cinza escura. A trama vegetal é mais fina e os ramos se acham mais decompostos, em meio a uma massa hêmica.
	1,00 a 2,00	Turfa cinza escura, desprovida de impurezas, semelhante ao intervalo anterior, mas um pouco mais compacta (menos água). As

**Figura 9.1 -** Modelo descritivo dos perfis estratigráficos dos furos a trado. Fonte: CPRM, 1988.

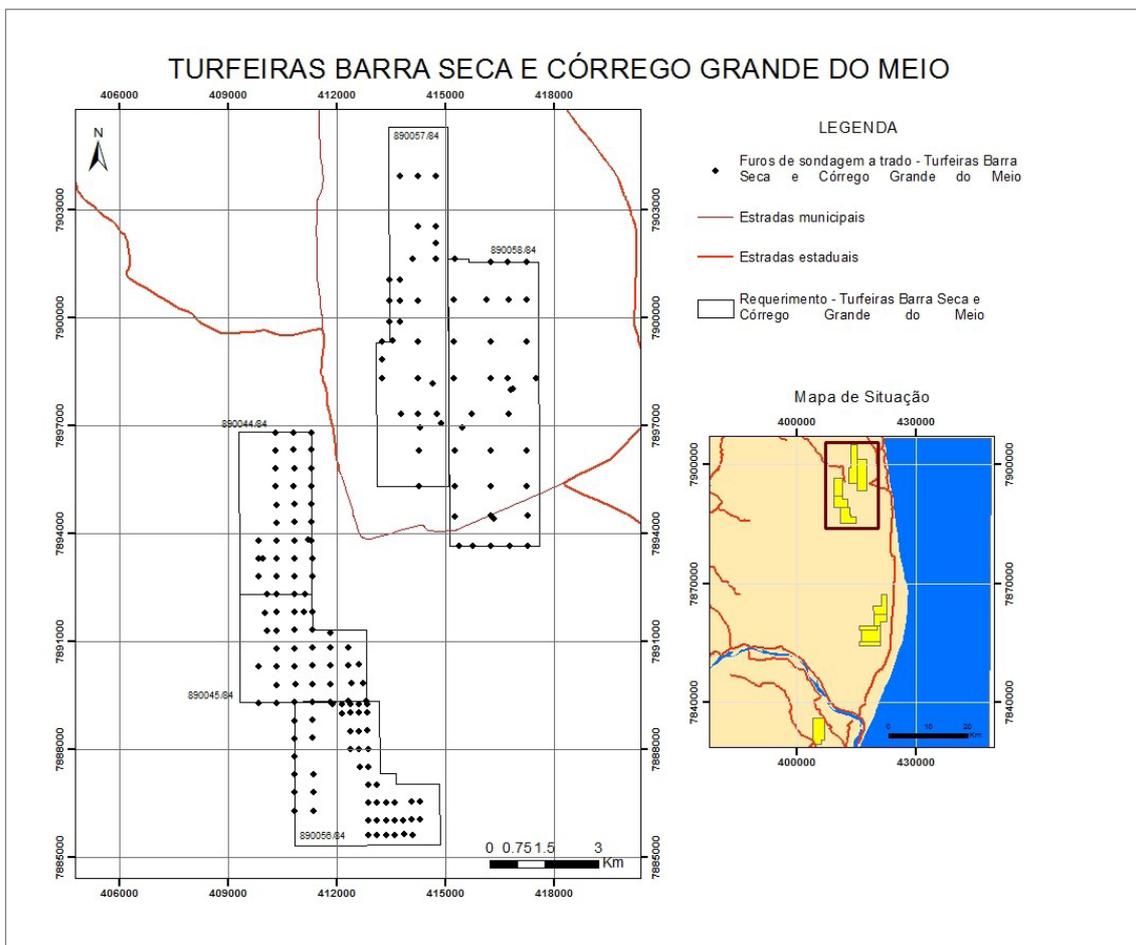
## 10. MODELAGEM GEOLÓGICA

Os dados utilizados para a modelagem geológica dos depósitos envolveram aqueles constantes nos quatro relatórios de pesquisa executados para as turfeiras Córrego Grande do Meio, Rio Doce, Barra Seca e Sutar. São relativos a 326 furos a trado, além do acervo analítico formado por 164 ensaios em amostras de turfa, para determinação da umidade (*in natura* e base seca), matéria volátil (base úmida e seca), cinzas (base úmida e seca), carbono fixo (base úmida e seca), poder calorífico superior (base seca) e enxofre (base úmida).

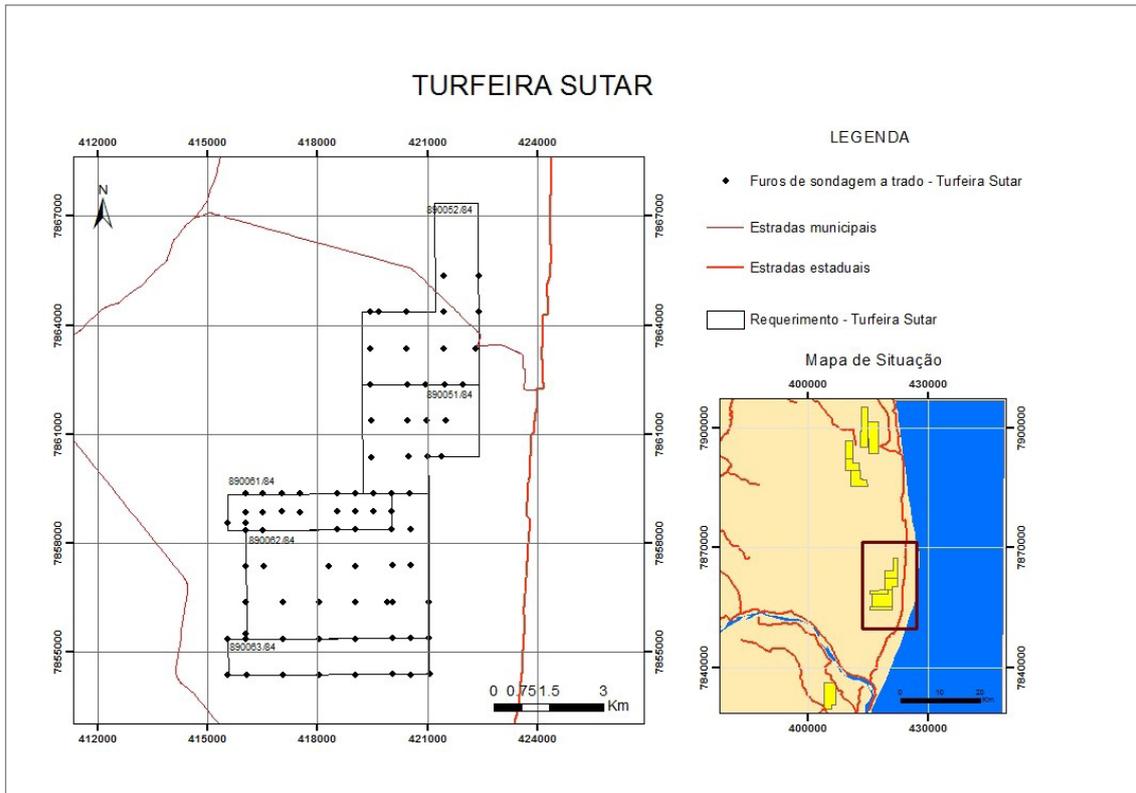
A quantidade de furos executada, a metragem total perfurada e o número de intervalos turfáceos analisados em cada depósito são apresentadas a seguir, assim como, nas Figuras 10.1, 10.2 e 10.3, a localização dos furos nas áreas de processo, onde se evidencia sua distribuição segundo malhas regulares.

- Turfeira Córrego Grande do Meio: 56 furos (total de 111,93 metros), 28 intervalos analisados;
- Turfeira Rio Doce: 71 furos (total de 92,70 metros), 15 intervalos analisados;
- Turfeira Barra Seca: 120 furos (total de 175,11 metros), 53 intervalos analisados;
- Turfeira Sutar: 79 furos (total de 114,64 metros), 68 intervalos analisados.

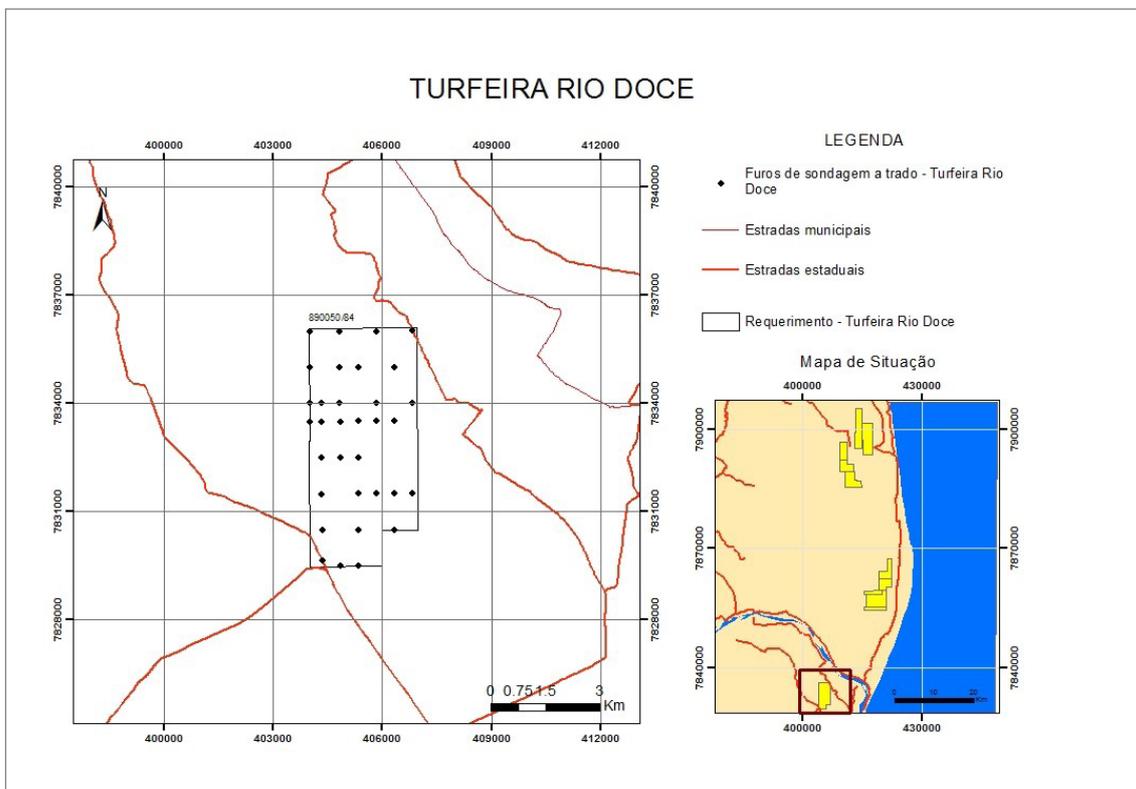
O processo de modelagem foi realizado para cada depósito, onde foram gerados corpos tridimensionais das principais unidades litológicas registradas pela sondagem. Para esses estudos, além da camada de turfa fibrosa, considerada principal representativa do minério dos depósitos, também foi incluída a camada de turfa argilosa, que, muitas vezes, marca localmente a transição da zona de turfa para a camada argilosa basal, que também possui alguns intervalos analisados.



**Figura 10.1** - Mapa com localização dos furos de sondagem a trado nas turfeiras Córrego Grande do Meio e Barra Seca, no âmbito dos processos minerários do SGB/CPRM (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.2** - Mapa com localização dos furos de sondagem a trado na Turfeira Sutar no âmbito dos processos minerários do SGB/CPRM (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.3** - Mapa com localização dos furos de sondagem a trado na Turfeira Rio Doce no âmbito do processo minerário do SGB/CPRM (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

## 10.1. METODOLOGIA

O processo de modelagem geológica do depósito foi desenvolvido no *software* Strat3D (versão 2.1.75.0), e teve início com a inserção do banco de dados no ambiente do programa através de tabelas no formato csv, organizadas da seguinte forma:

Tabela *Collar*: armazena os dados de posição espacial X, Y, Z de cada furo, onde Z representa a cota da boca do furo;

Tabela *Geology*: armazena os dados de litologia, unidade estratigráfica e demais características descritivas dos intervalos litológicos de cada furo;

Tabela *Assay*: armazena os dados analíticos provenientes de todas as análises realizadas nos intervalos amostrados de cada furo;

Tabela *Strata*: armazena os dados de correlação determinados a partir das interpretações realizadas no *software*.

A validação do banco de dados contemplou a verificação do material duplicados ou com erros de digitação, a verificação de informações ausentes e a consistência dos intervalos “De” (*From*) e “Até” (*To*), com eliminação de *gaps* (lacunas) e *overlaps* (sobreposições). No Strat3D, as tabelas foram mescladas e convertidas em um único arquivo denominado Holes\_Linhares\_CPRM\_250518, com a data de congelamento em 25/05/2018.

O passo seguinte foi a definição da ordem estratigráfica dos pacotes sedimentares de acordo com o conhecimento geológico da região, levantado a partir dos Relatórios Finais de Pesquisa dos Projetos Córrego Grande do Meio, Rio Doce, Barra Seca e Sutar. Códigos litológicos foram utilizados para designar cada unidade sedimentar (Tabela 10.1).

O arranjo dos dados em formato 3D possibilitou a visualização dos furos de sondagem a trado, por meio de suas seções verticais, possibilitando a correlação entre os estratos sedimentares registrados em cada furo (Figura 10.4). Essa correlação permitiu a individualização das unidades mineralizadas e estéreis e a geração de sólidos tridimensionais das mesmas, com os procedimentos baseados em aspectos litológicos e estratigráficos. No estudo, foram consideradas duas camadas de minério, uma principal, representada pela turfa fibrosa, e outra secundária, identificada como turfa argilosa.

Para a construção dos modelos geológicos tridimensionais, o Strat3D utiliza dois interpoladores distintos, um para a espessura e outro para as superfícies, gerando superfícies de topo e base para cada uma das camadas correlacionadas. A Tabela 10.2 apresenta os métodos de interpolação empregados em cada uma das turfeiras estudadas, complementando que os modelos geológicos gerados foram balizados pelo modelo digital de elevação adotado nesse estudo, obtido a partir de imagem SRTM.

**Tabela 10.1** - Códigos litológicos utilizados para modelagem geológica.

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	CÓDIGO LITO	DESCRIÇÃO
CAPEAMENTO	CAP	SOLO TURFÁCEO
TURFA FIBROSA	TURFA_F	TURFA FIBROSA MARROM A PRETA, COM DIFERENTES GRAUS DE DECOMPOSIÇÃO, PODENDO APRESENTAR ODOR CARACTERÍSTICO E NÍVEIS DE ARGILA.
TURFA ARGILOSA	TURFA_A	TURFA ARGILOSA DE COR ESCURA E TATO MACIO, PODENDO APRESENTAR ODOR CARACTERÍSTICO.
ARGILA	SED_ARG	ARGILA MARROM OU PRETA, PODENDO APRESENTAR ODOR CARACTERÍSTICO E RESTOS DE PLANTAS EM DECOMPOSIÇÃO.
EMBASAMENTO	AREIA	AREIA BEGE A CINZA, ARGILOSA, GRANULOMETRIA FINA A MÉDIA, BEM SELECIONADA.

**Tabela 10.2** - Interpoladores utilizados para a modelagem dos corpos tridimensionais em cada uma das turfeiras.

MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO		
Turfeira	Espessura	Superfície
Córrego Grande do Meio	Vizinho Mais Próximo	Vizinho Mais Próximo
Barra Seca	Vizinho Mais Próximo	Vizinho Mais Próximo
Sutar	Quadrados Mínimos	Quadrados Mínimos
Rio Doce	Quadrados Mínimos	Quadrados Mínimos

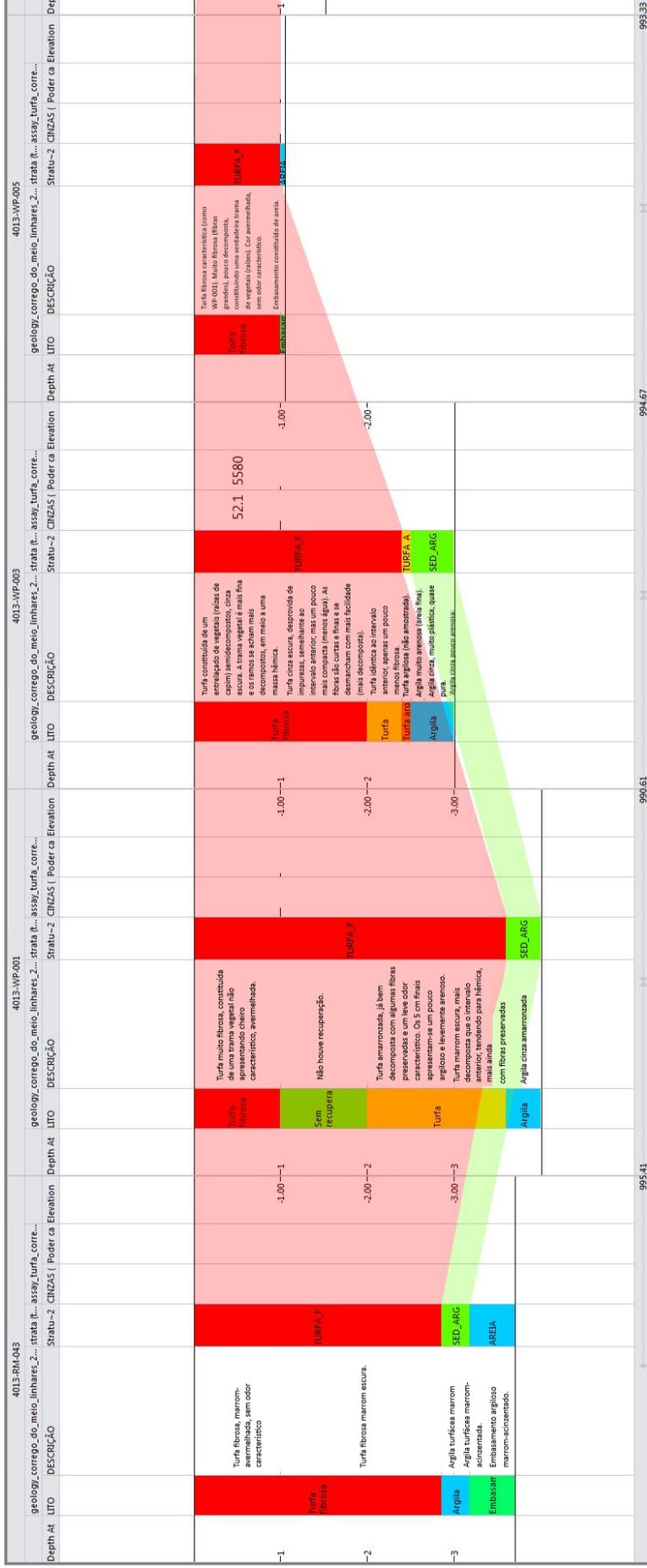


Figura 10.4 - Seção vertical gerada no Strat3D exibindo a correlação dos estratos entre os furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

## 10.2. MODELAGEM GEOLÓGICA DO DEPÓSITO

Os sólidos tridimensionais gerados possibilitaram a visualização do comportamento, forma e extensão das camadas de turfa nas áreas pesquisadas (Figuras 10.5 a 10.8). Tendo em vista a suave topografia da região, caracterizada por um relevo plano, com cotas aproximadamente ao nível do mar e restritas variações locais, o modelo gerado obedeceu essa característica, refletindo em camadas horizontais com nenhum mergulho ao longo das planícies.

O pacote de turfa fibrosa está presente em todas as áreas, ocupando quase a totalidade das mesmas, em função de ter sido registrada na grande maioria dos furos a trado. Possui espessura média de 1,31 m, sendo mais espessa na área da Turfeira Córrego Grande, onde atinge 1,74 m em média, e mais delgada na área da Turfeira Barra Seca que apresenta espessura média de 0,83 m.

A Turfa argilosa, posicionada estratigraficamente abaixo da turfa fibrosa, forma camadas bem menos espessas quando comparada a essa última. Sua espessura média, considerando o conjunto dos depósitos, é calculada em

0,21 m, com as camadas mais espessas registradas na área da Turfeira Barra Seca, onde atingem 0,31 m em média, ao passo que as menores espessuras são anotadas na área da Turfeira Rio Doce, onde apresentam 0,06 m em média.

Com relação à turfa fibrosa, geralmente está aflorante, porém, em alguns locais, também ocorre com um fino capeamento, com 0,24 m em média de espessura, formado por solo húmico, turfáceo e/ou argiloso.

Nas Figuras 10.9 a 10.16 são apresentados os mapas em planta com distribuição das camadas de turfa modeladas em cada um dos depósitos pesquisados pelo SGB/CPRM, enquanto nas Figuras 10.17 a 10.24, as seções verticais dos modelos geológicos, que demonstram o comportamento das camadas da turfa fibrosa e da turfa argilosa nos depósitos em pauta.

Os sólidos das camadas de minério (*wireframes*) de cada depósito foram salvos em um único arquivo denominado Wire Linhares CPRM\_250518, com data de congelamento em 25/05/2018. Nesse arquivo, a coluna STRATUM refere-se aos tipos de minérios modelados no presente estudo (turfa fibrosa e turfa argilosa).

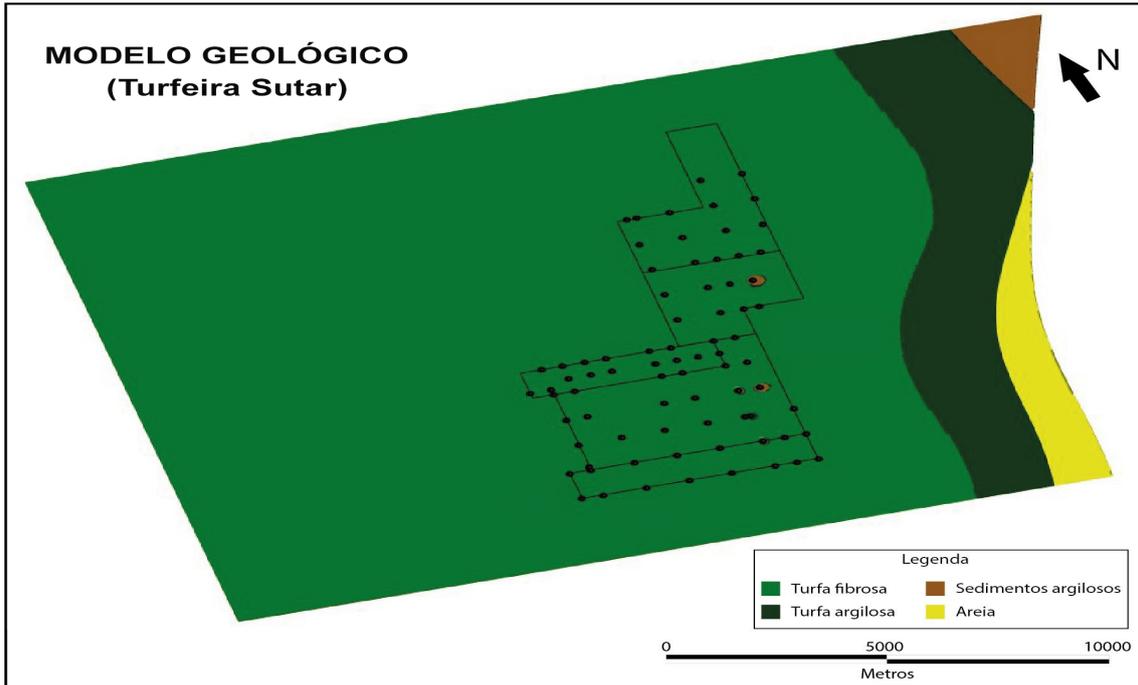


Figura 10.5 - Vista em perspectiva do modelo geológico da Turfeira Sutar com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

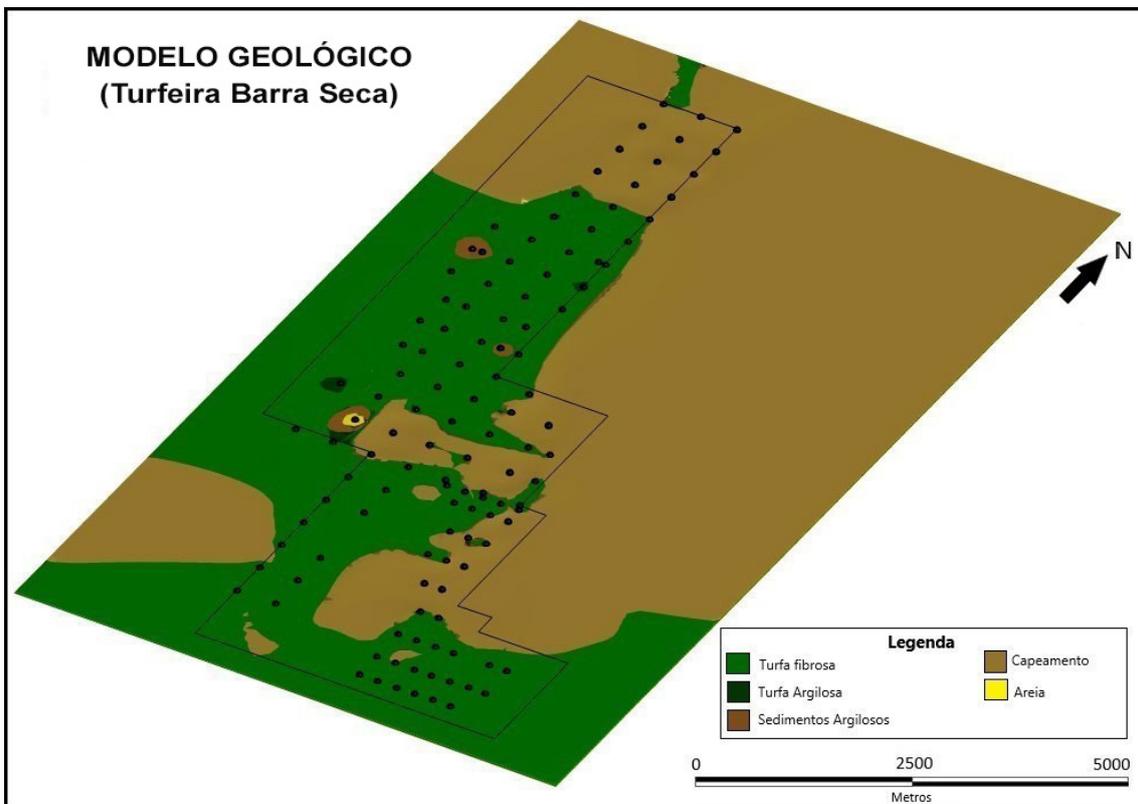
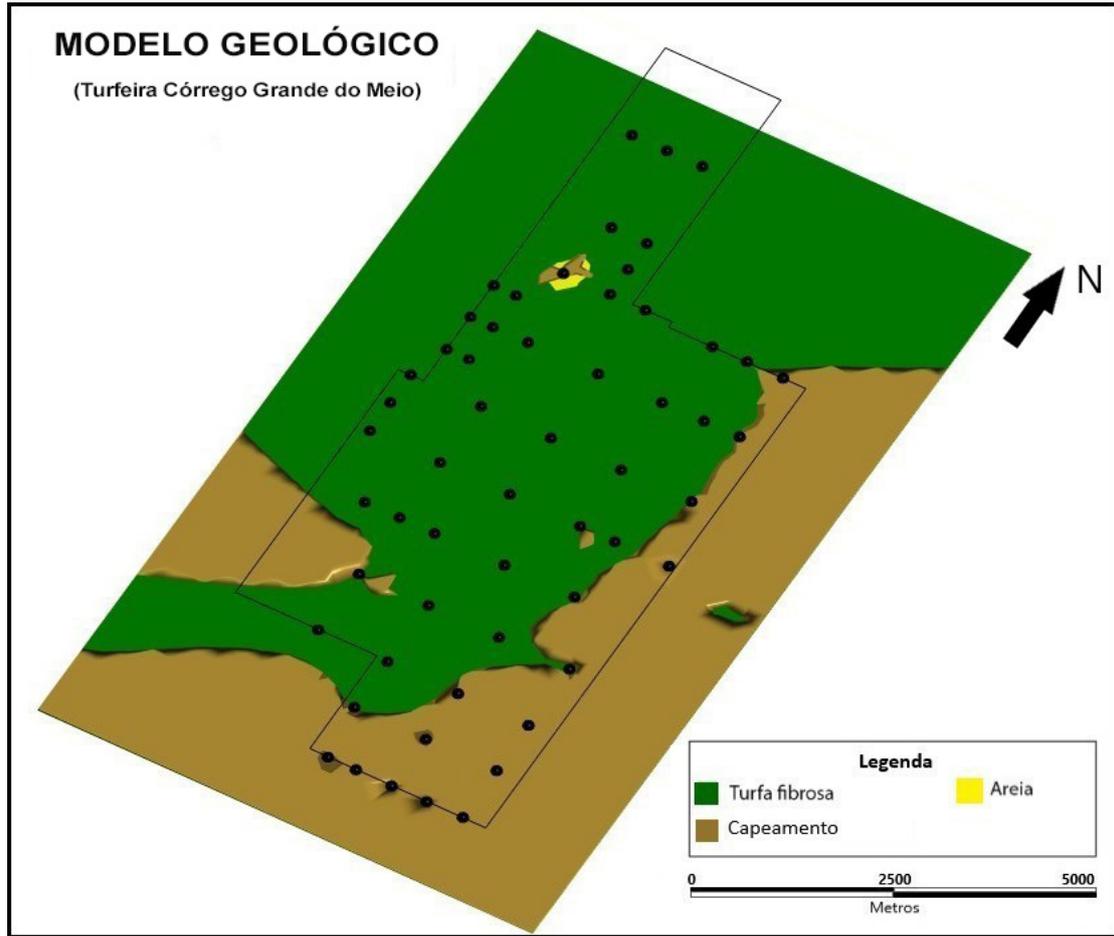
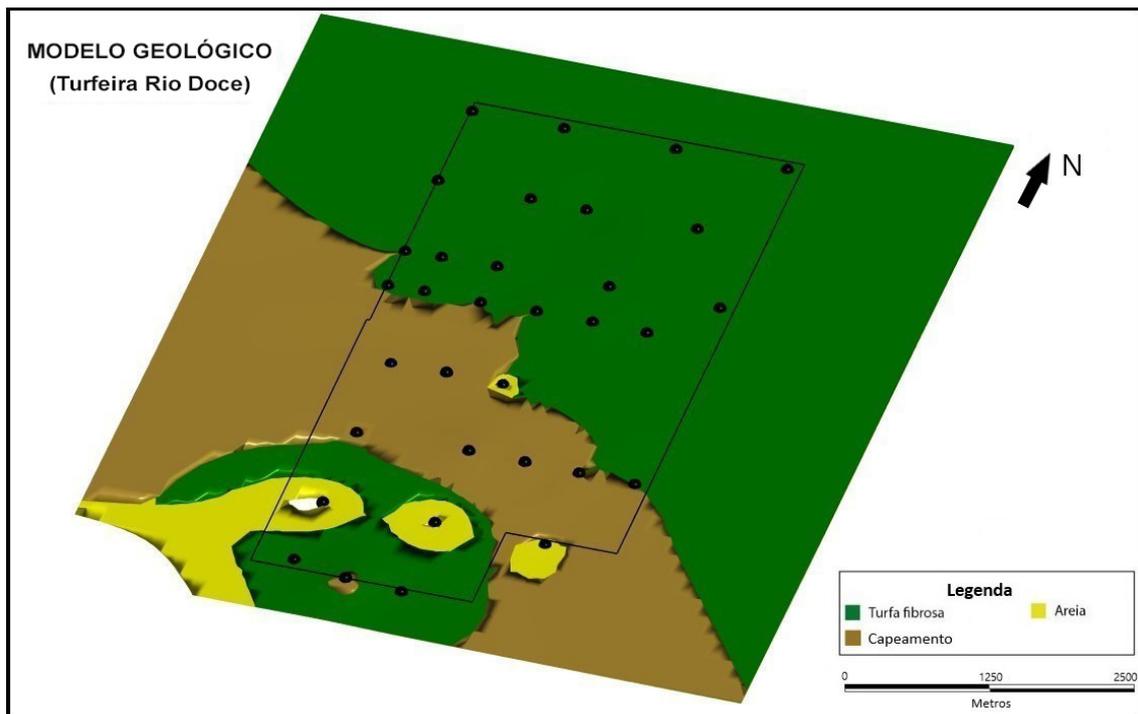


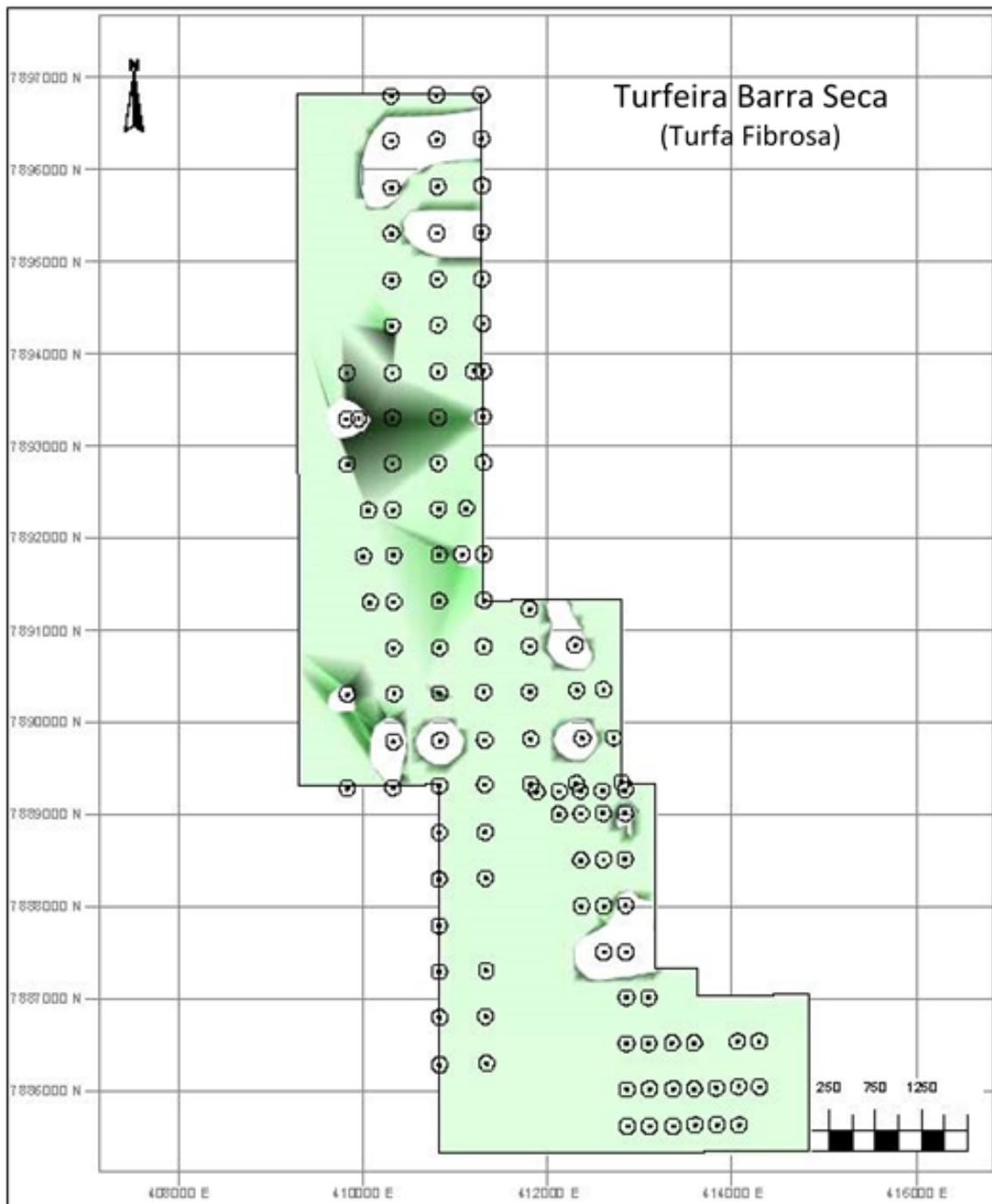
Figura 10.6 - Vista em perspectiva do modelo geológico da Turfeira Barra Seca com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



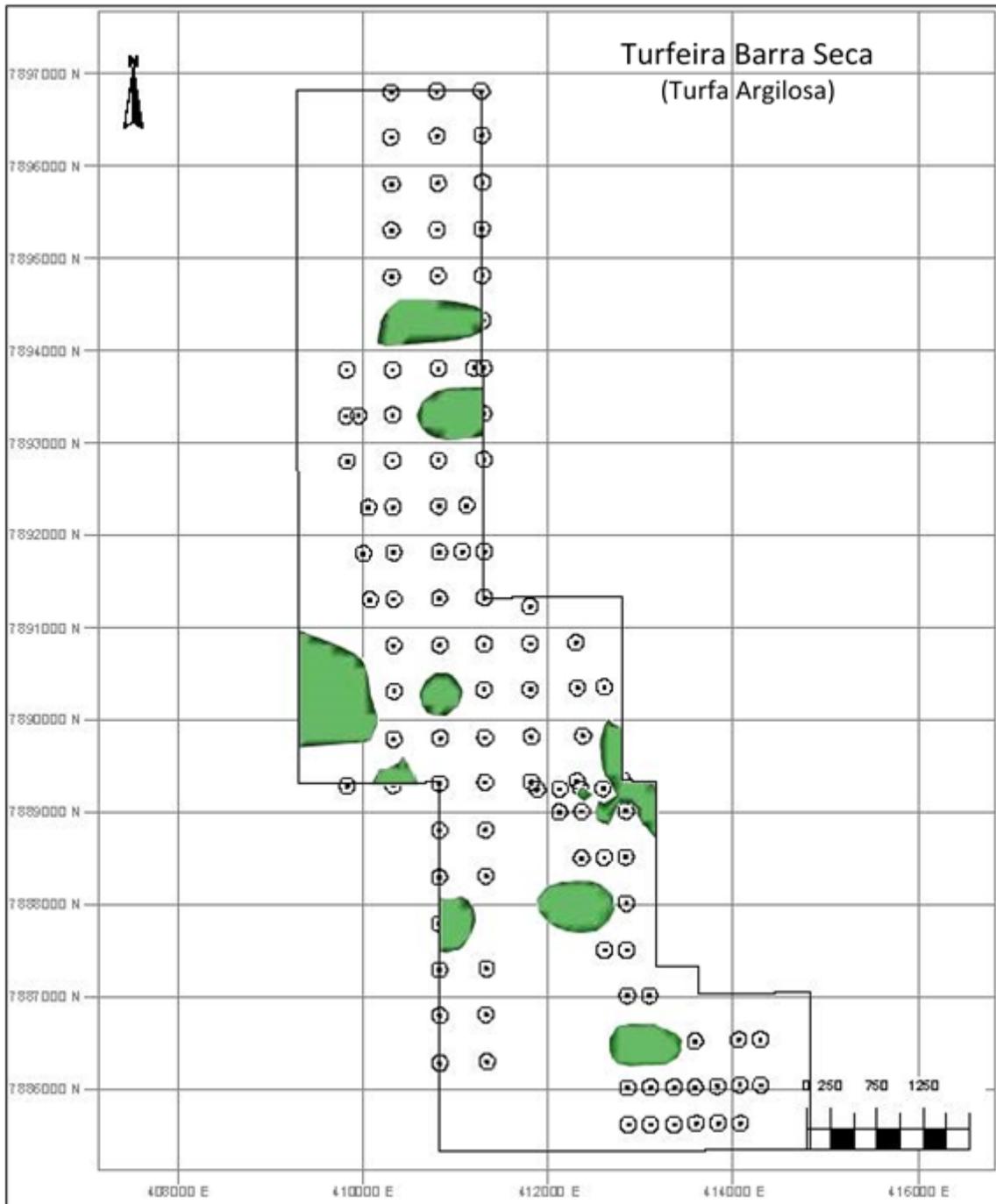
**Figura 10.7** - Vista em perspectiva do modelo geológico da Turfeira Córrego Grande do Meio com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



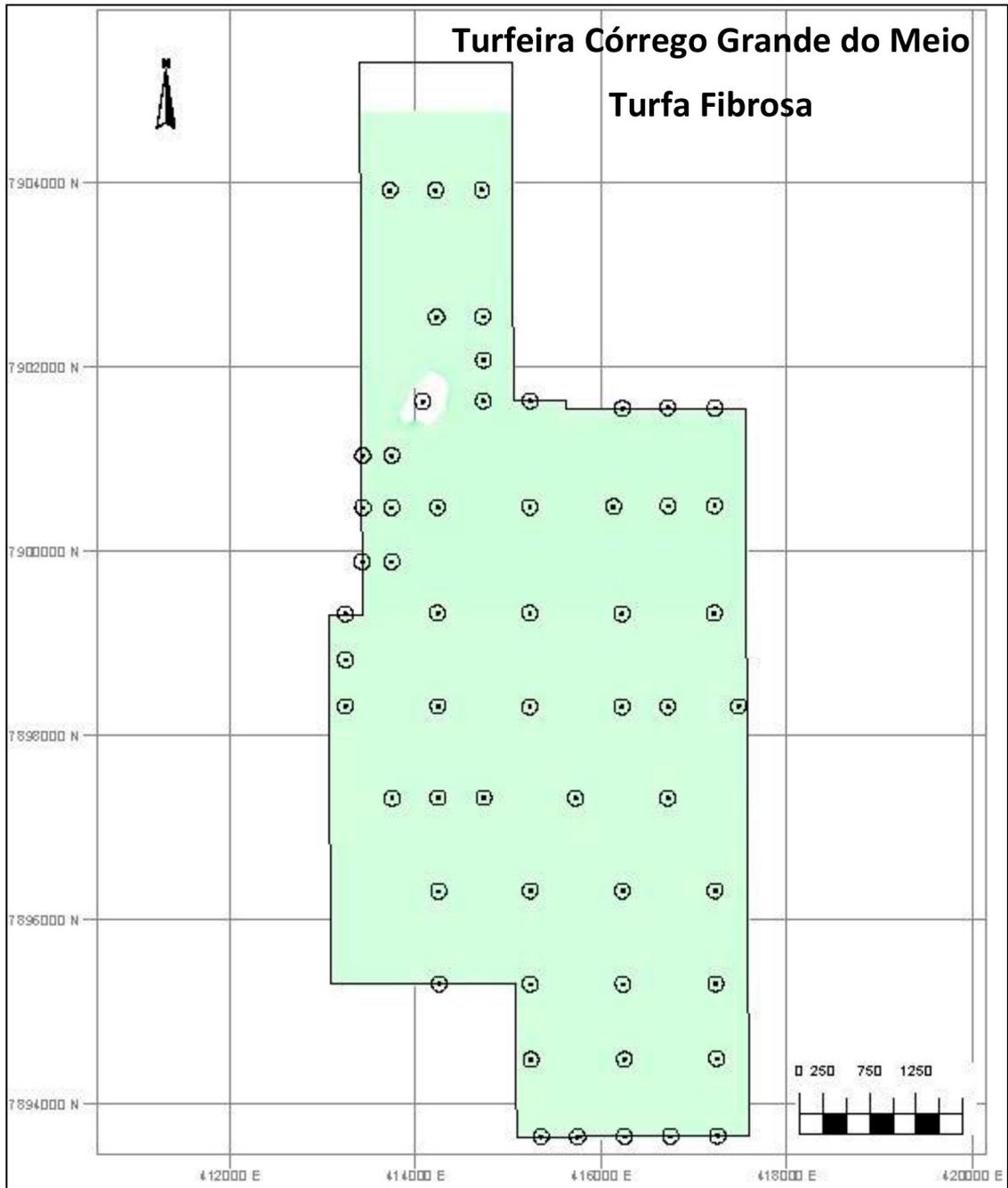
**Figura 10.8** - Vista em perspectiva do modelo geológico da Turfeira Rio Doce com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



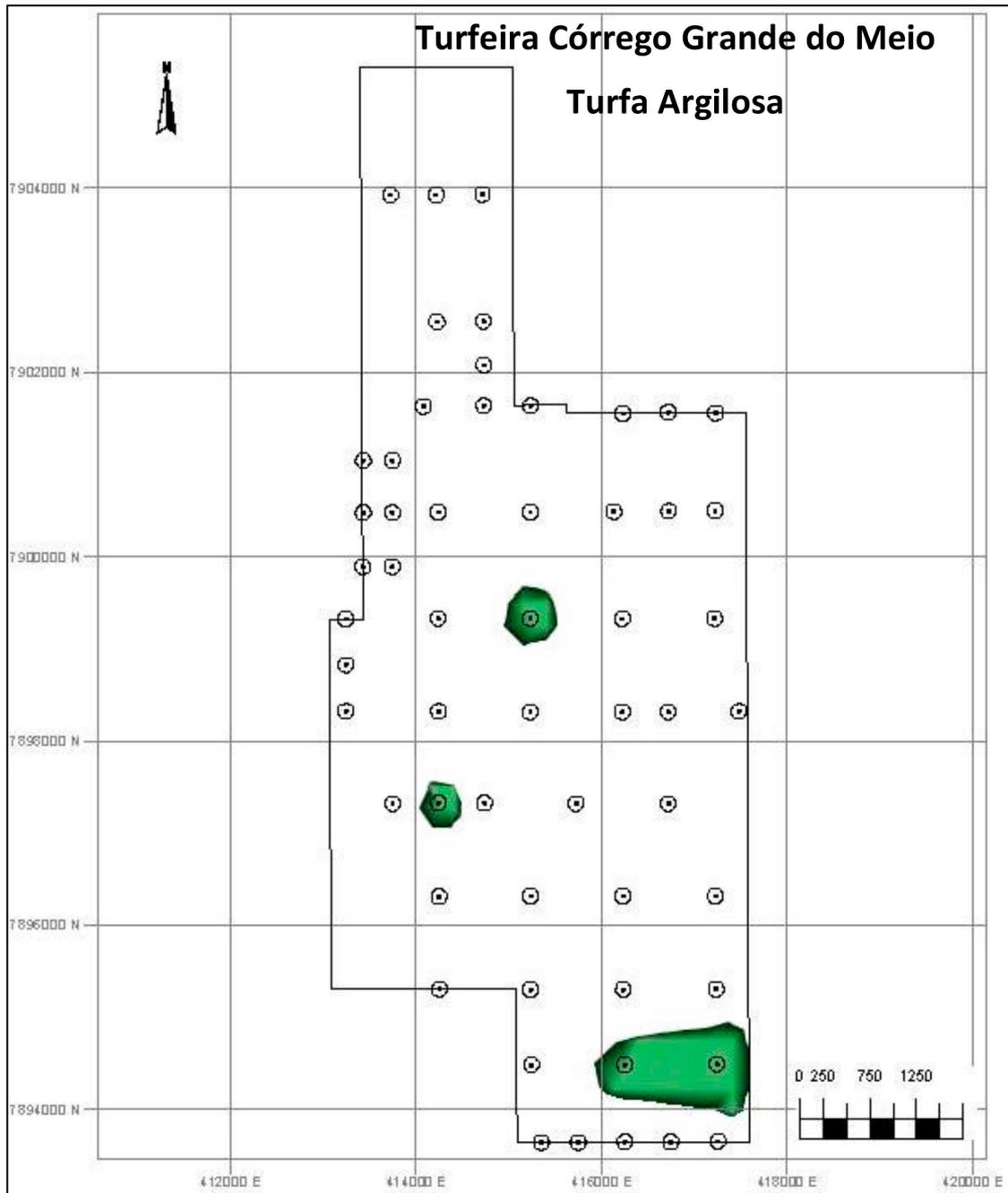
**Figura 10.9** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa fibrosa da Turfeira Barra Seca com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



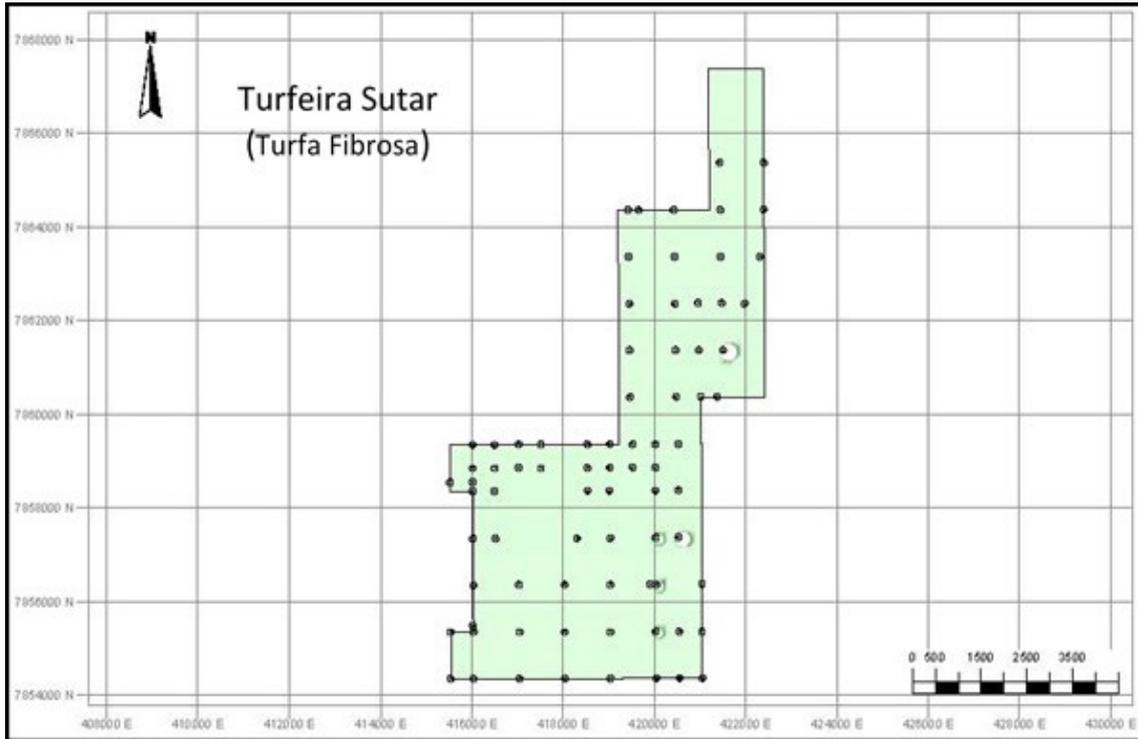
**Figura 10.10** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa argilosa da Turfeira Barra Seca com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



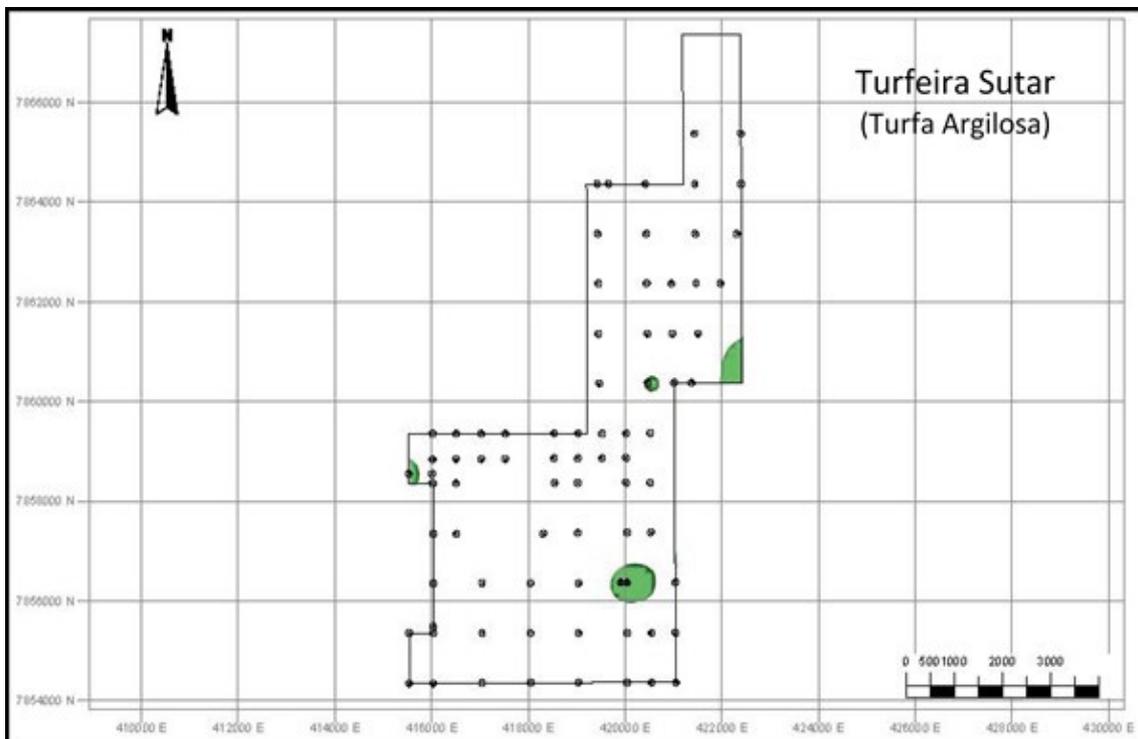
**Figura 10.11** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.12** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa argilosa da Turfeira Córrego Grande do Meio com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.13** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa fibrosa da Turfeira Sutar com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.14** - Mapa com modelagem tridimensional da camada de turfa argilosa da Turfeira Sutar com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

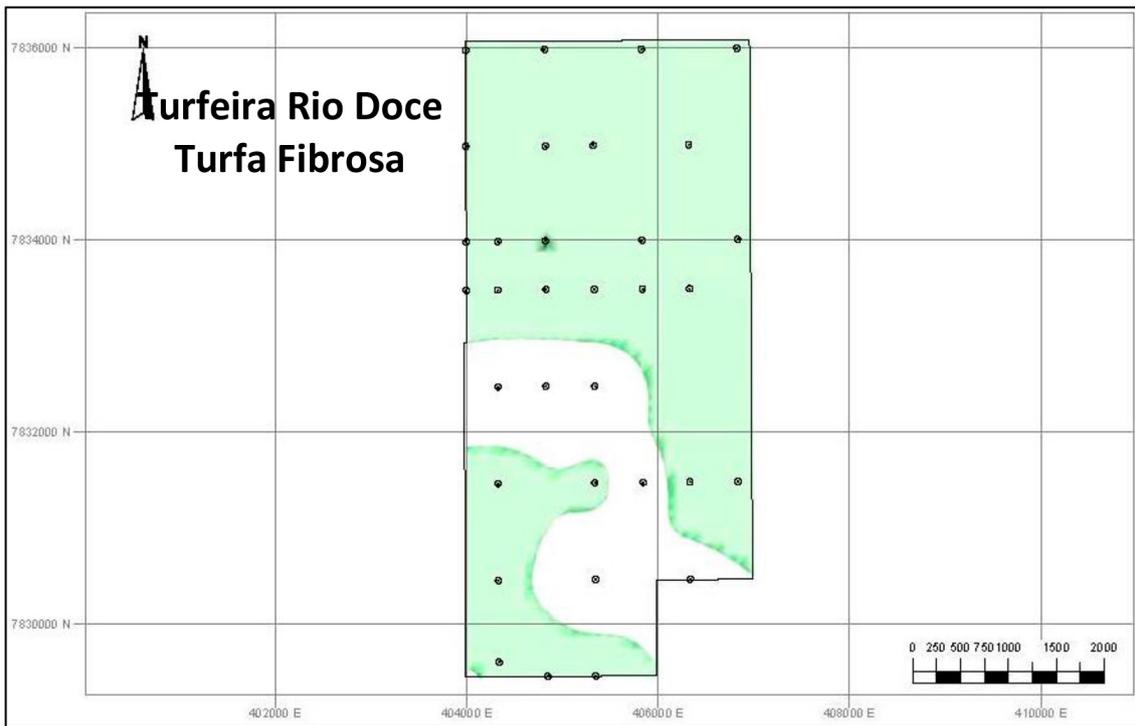


Figura 10.15 - Mapa exibindo modelagem tridimensional da camada de turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

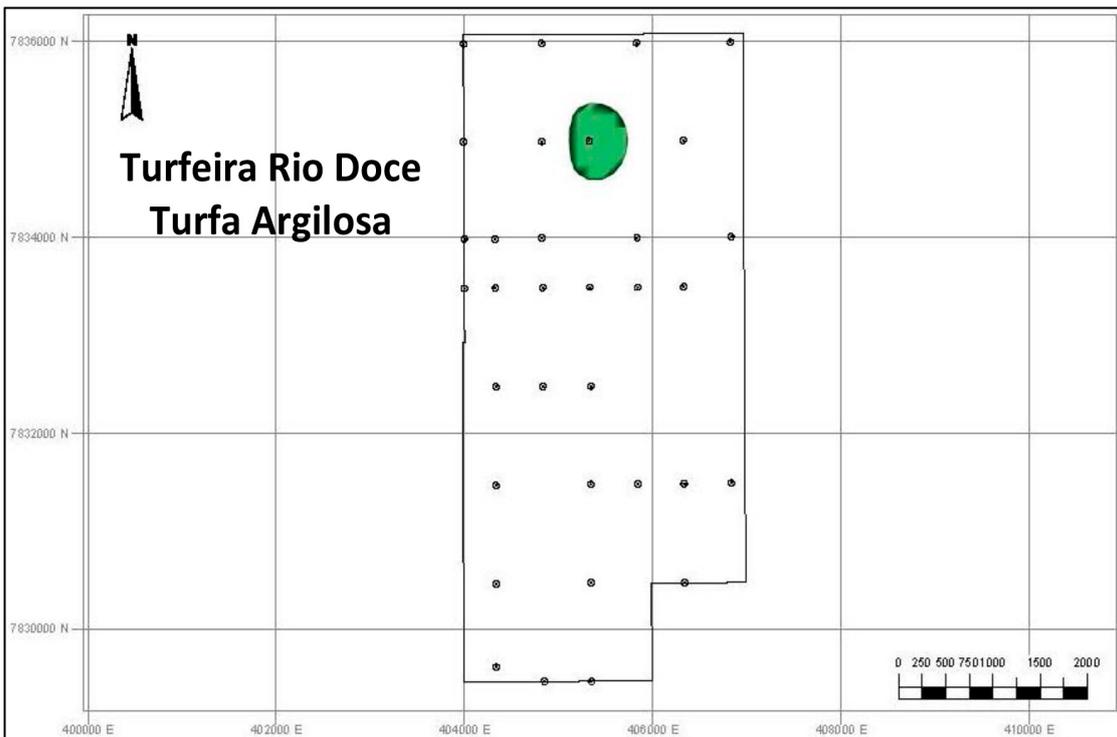
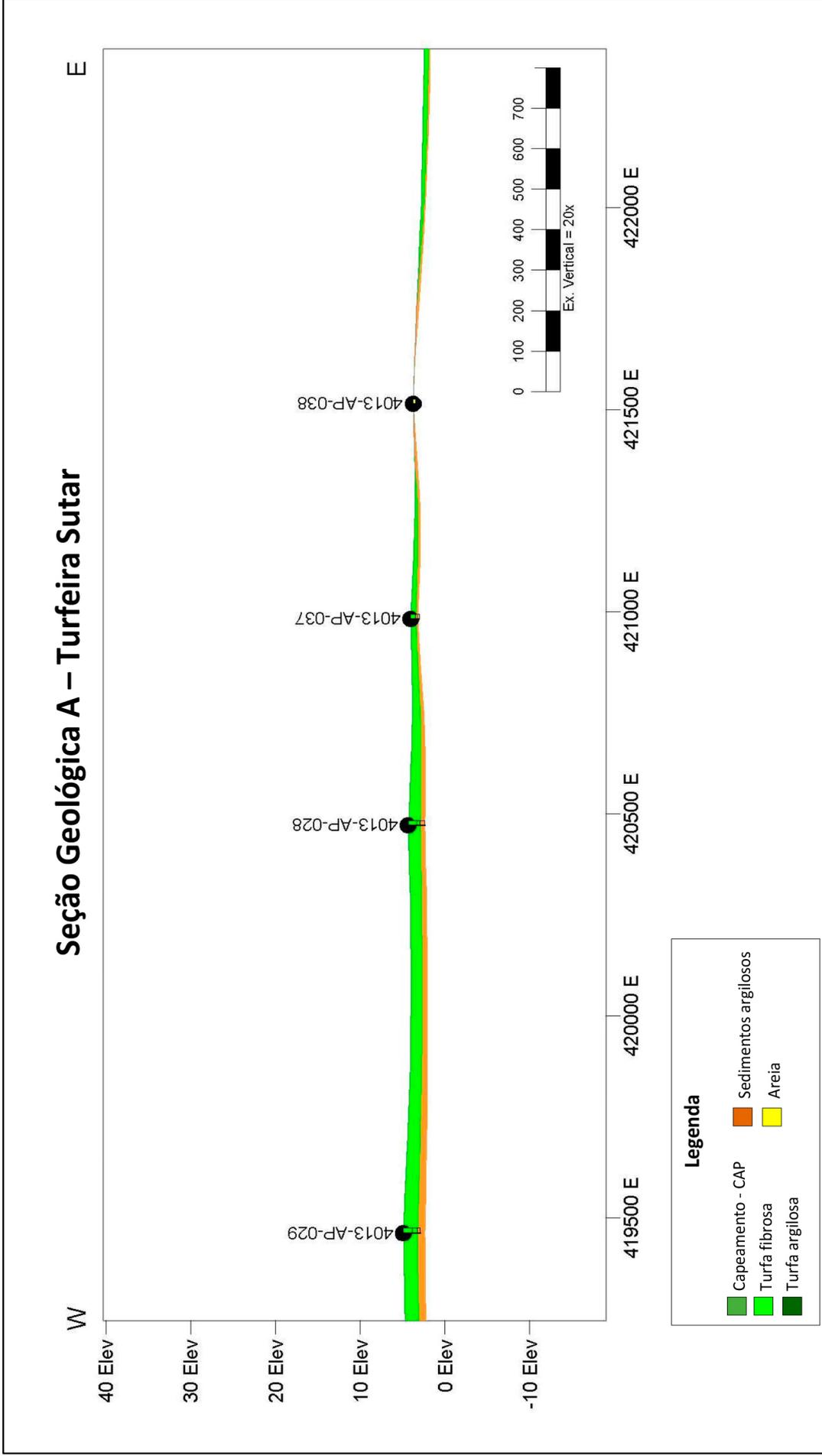
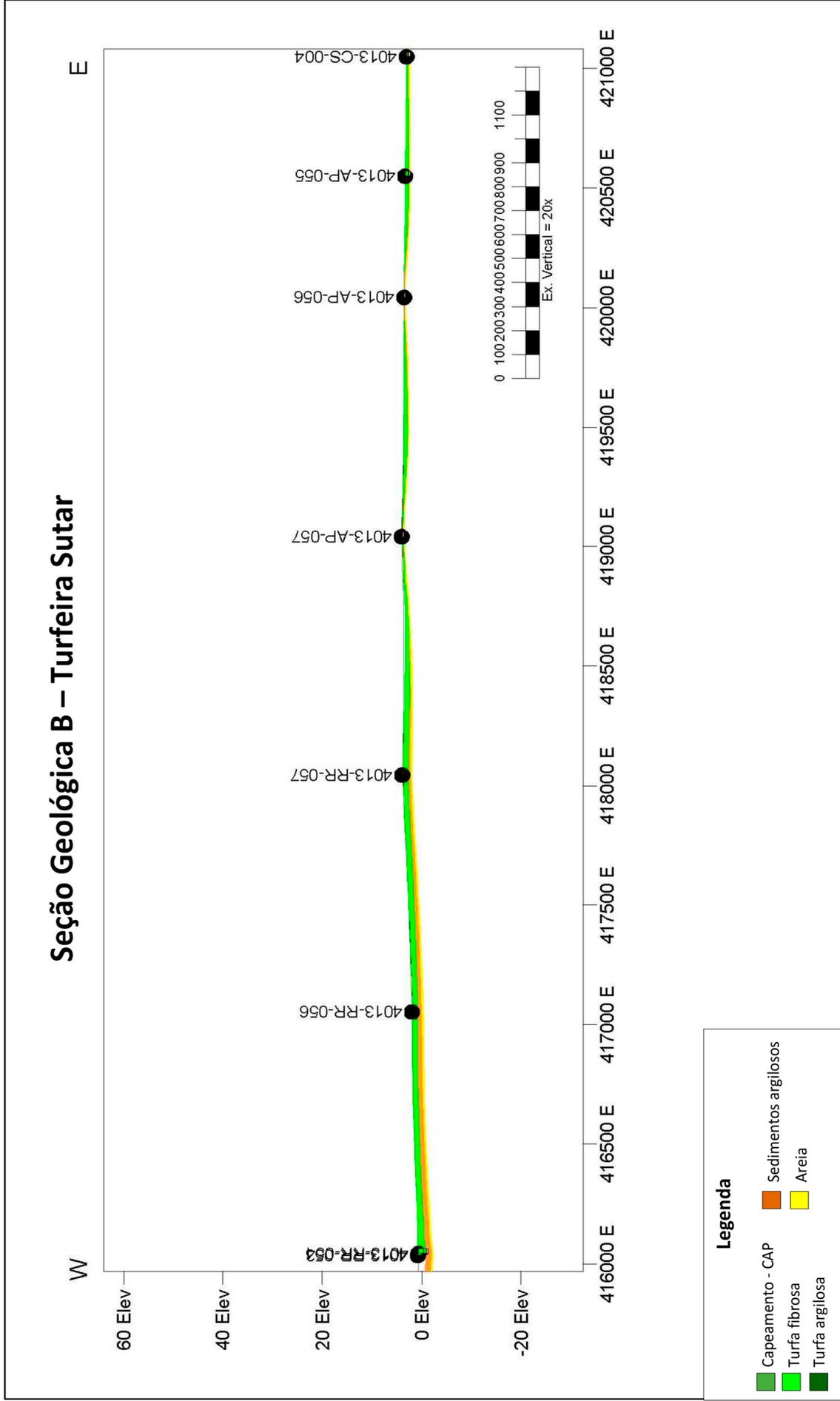


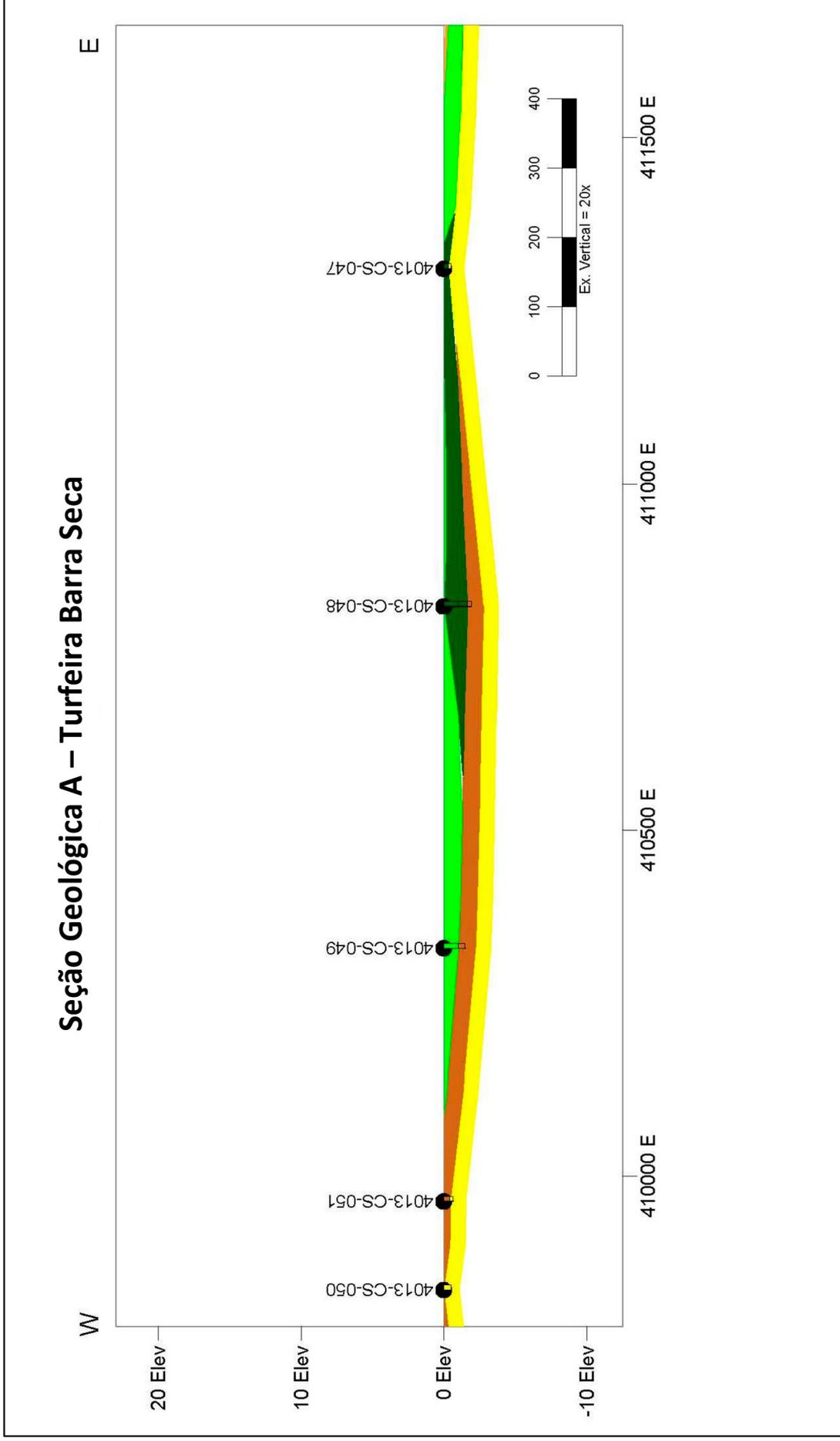
Figura 10.16 - Mapa exibindo modelagem tridimensional da camada de turfa argilosa da Turfeira Rio Doce com base nos furos de sondagem a trado (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



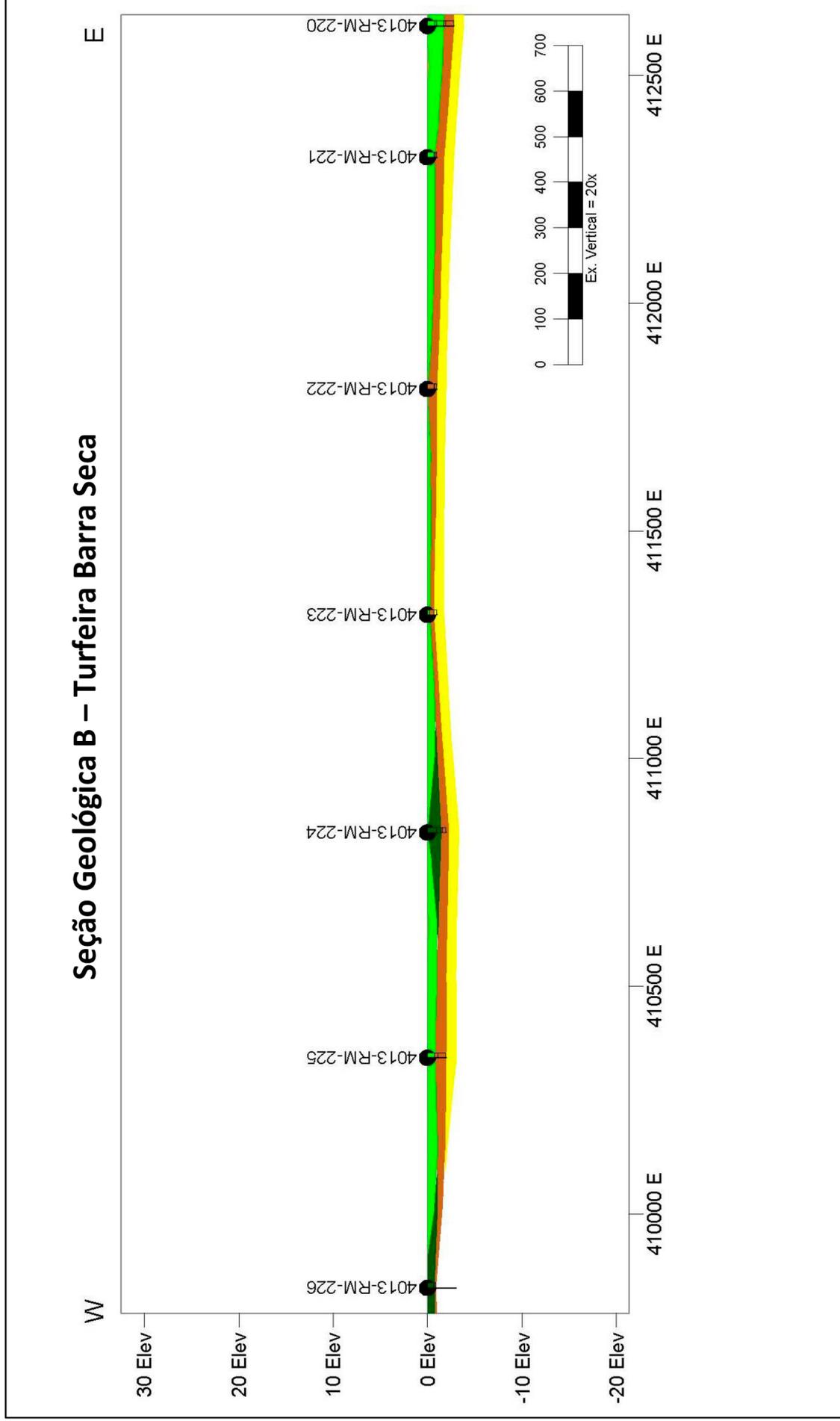
**Figura 10.17** - Seção geológica vertical (A) da Turfeira Sutar na área do processo 890.052/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



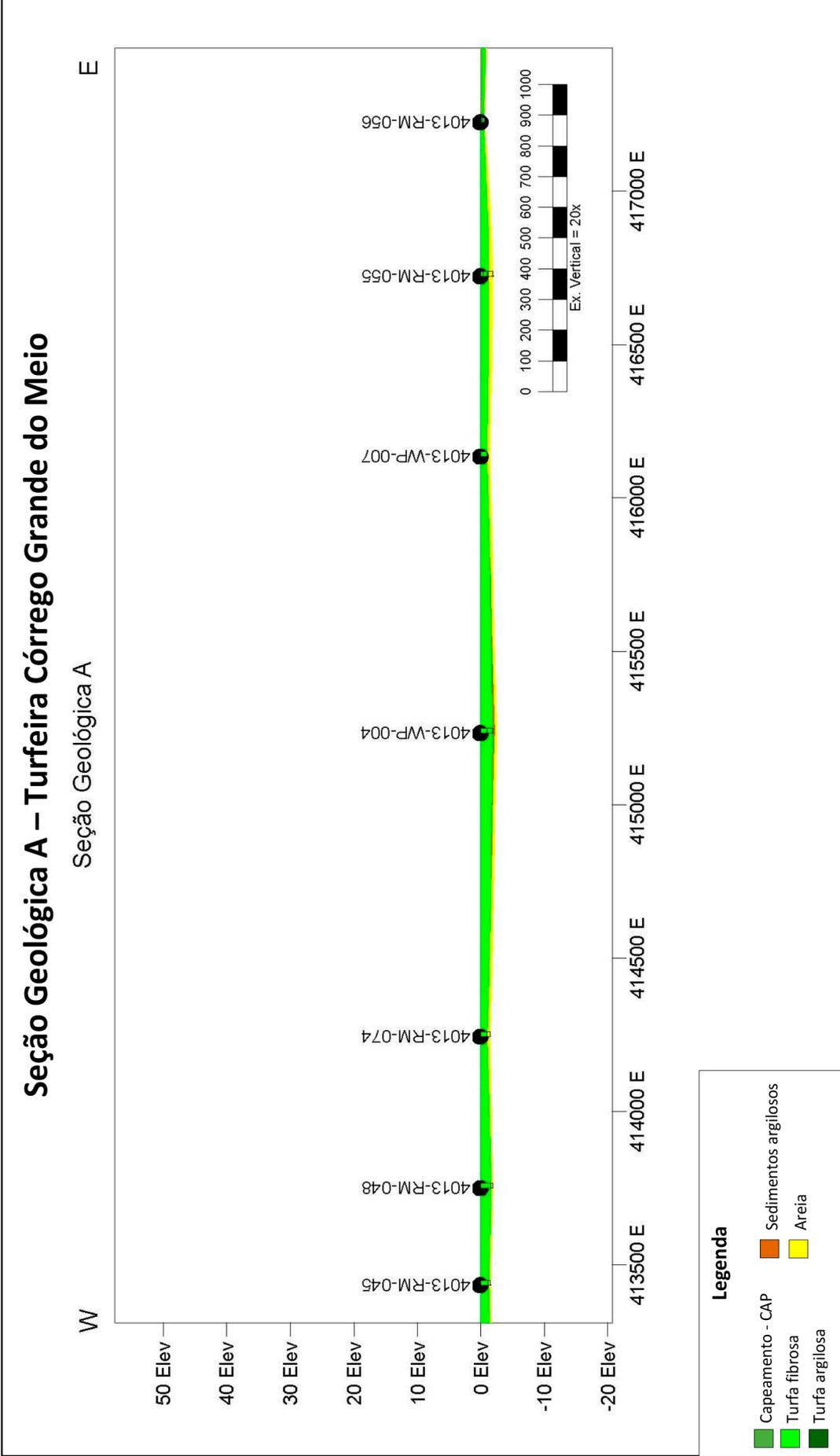
**Figura 10.18** - Seção geológica vertical (B) da Turfeira Sutar na junção das poligonais dos processos 890.062/84 e 890.063/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



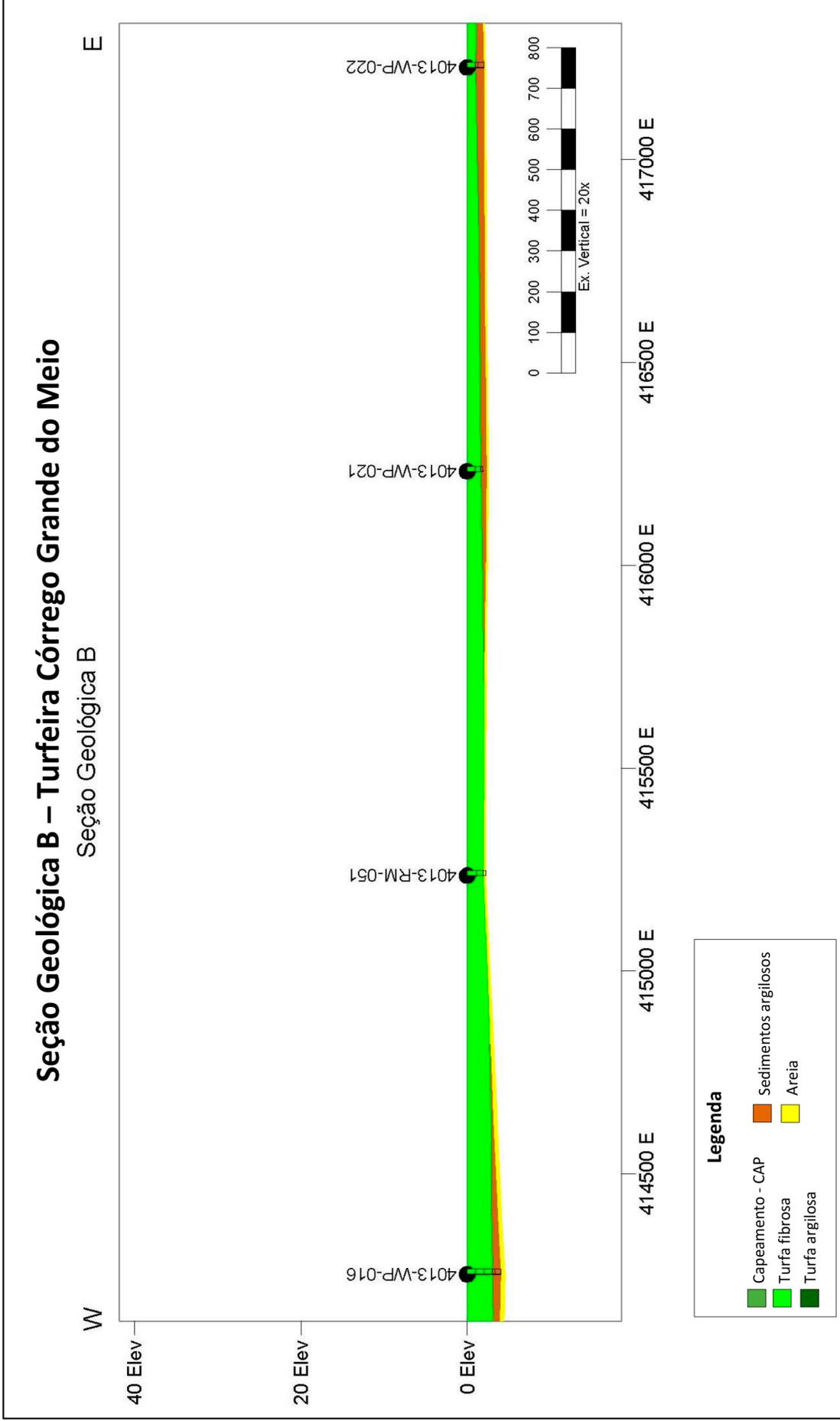
**Figura 10.19** - Seção Geológica Vertical (A) da Turfeira Barra Seca na porção meridional da área do processo 890.044/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



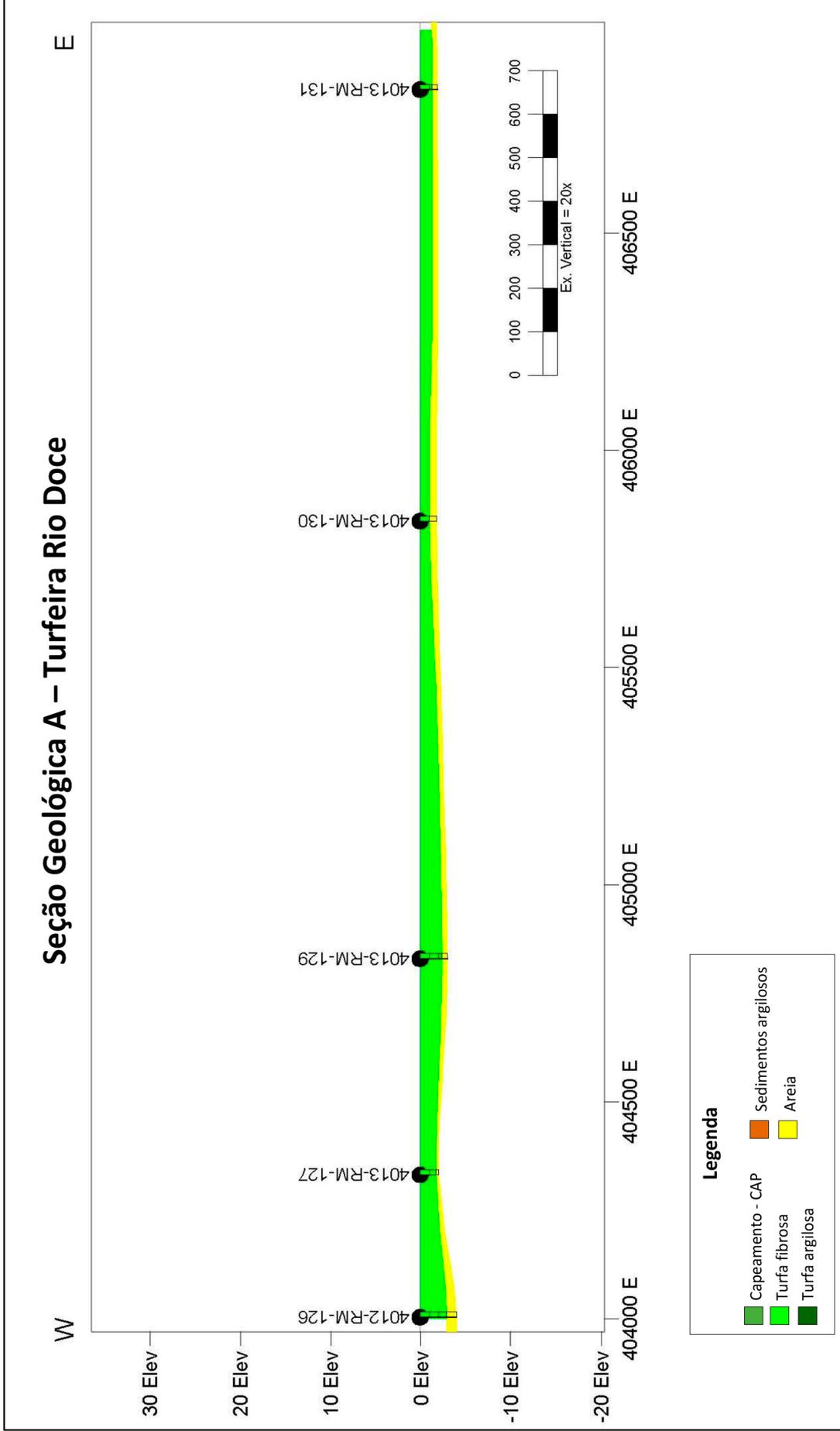
**Figura 10.20** - Seção Geológica Vertical (B) da Turfeira Barra Seca na porção central da área do processo 890.044/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



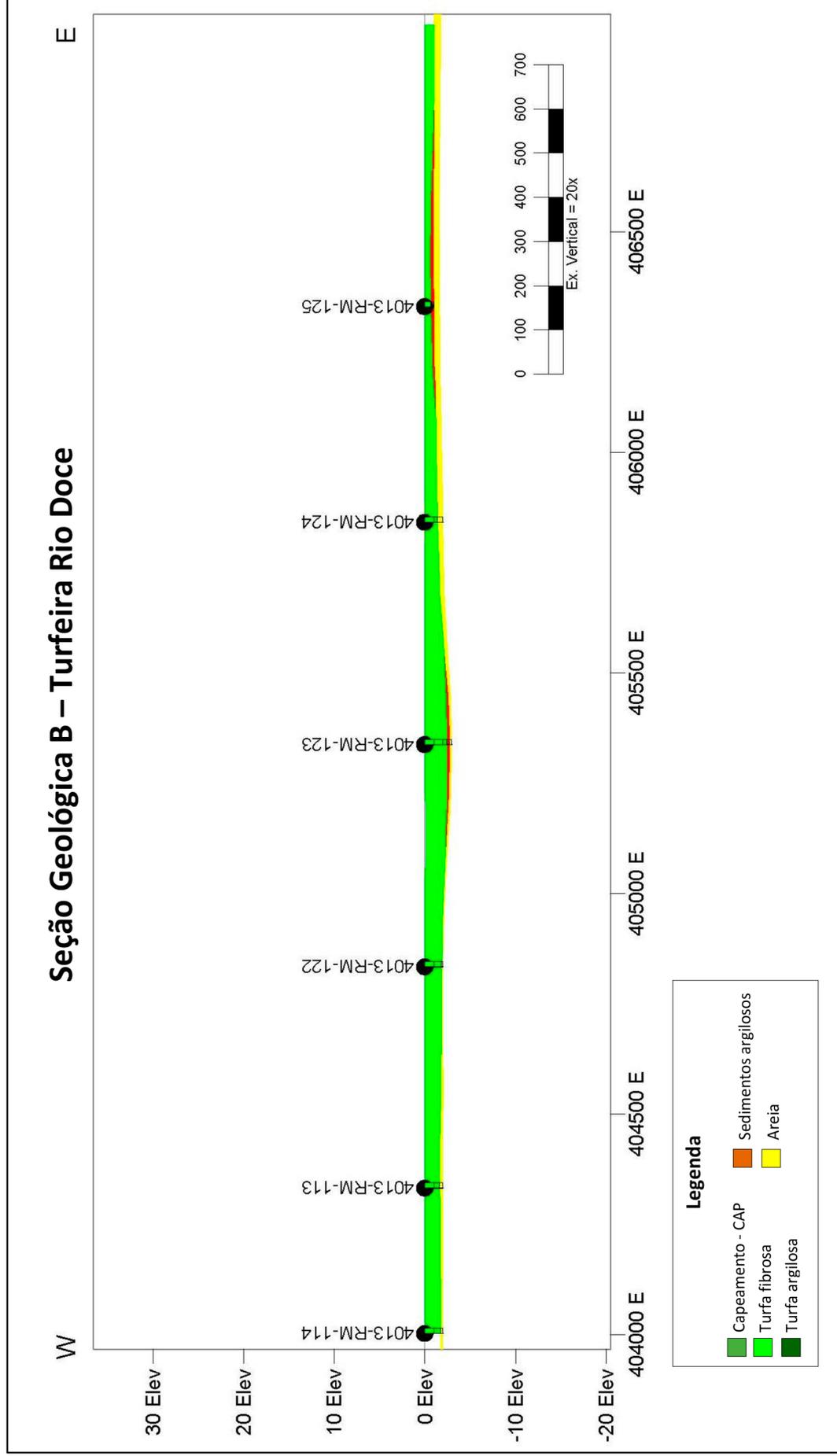
**Figura 10.21** - Seção geológica vertical (A) da Turfeira Córrego Grande do Meio no quadrante norte da área do processo 890.057/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.22** - Seção geológica vertical (B) da Turfeira Córrego Grande do Meio no quadrante sul da área do processo 890.057/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.23** - Seção geológica vertical (A) da Turfeira Rio Doce na porção norte da área do processo 890.050/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 10.24** - Seção geológica vertical (B) da Turfeira Rio Doce no quadrante norte da área do processo 890.050/84 (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

## 11. ESTIMATIVA DE RECURSOS

A estimativa dos recursos foi desenvolvida por meio do método de IQD (inverso do quadrado da distância). O processo de estimativa envolveu análise estatística dos dados, regularização das amostras e geração de modelos de blocos para cada tipo de minério. O método de IQD permitiu a estimativa dos teores para as camadas de turfa delineadas na modelagem geológica. Para cada um dos parâmetros estimados (carbono fixo, poder calorífico, umidade, material volátil e cinzas) foram gerados mapas, que permitiram uma clara visualização espacial do depósito nos seus principais aspectos.

### 11.1. REGULARIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para este trabalho foi utilizada a “compositagem”, processo que consiste em regularizar todas as amostras ao mesmo volume, com objetivo de atingir uma amostragem uniforme, reduzindo o impacto da variabilidade aleatória e minimizando o efeito de média amostral.

O processo de regularização das amostras teve início com a seleção apenas daquelas inseridas nos corpos de minério modelados. Em seguida, foram gerados histogramas de frequência dos comprimentos dos intervalos das amostras originais inseridas nos corpos de minério, onde foram verificados os intervalos mais frequentes no conjunto de amostras. Com base nesse aspecto, três tamanhos possíveis de amostras compostas foram testados, ou seja, 0,25, 0,50 e 0,75 metros (Tabela 11.1).

A comparação entre os tamanhos de amostras indicou qual seria o ideal para a população de dados analisados. A escolha buscou atender a condição de menor intervalo de amostra, sem exceder o número de amostras do banco original. Desta forma, obteve-se o valor de 0,75 metro como tamanho ideal das amostras compostas, para as quatro turfeiras inseridas no estudo.

Após a regularização das amostras, realizou-se uma validação visual em ambiente Strat3D do resultado, buscando assegurar que os limites litológicos e analíticos das amostras originais fossem respeitados.

### 11.2. MODELOS DE BLOCOS

Nesta etapa, os sólidos tridimensionais de zonas de cascalho, gerados durante a modelagem geológica, foram preenchidos com blocos regulares visando permitir o cálculo dos recursos presentes nas áreas investigadas.

Em malhas regulares é indicado que as dimensões dos blocos não devem ser inferiores a 1/4 da malha de sondagem. Portanto, nesse estudo, as dimensões de blocos que melhor se ajustaram aos modelos geológicos para os eixos X, Y e Z foram 250x250x1 metros, para a turfeira Córrego Grande do Meio, e 125x125x1 metros para as demais turfeiras.

Assim como a modelagem, a geração dos modelos de blocos foi realizada no *software* Strat3D, o qual se diferencia de outros softwares semelhantes pela construção de modelos de prismas, onde cada bloco possui coordenadas de vértices e de centro das faces. Como resultado, tem-se um modelo de blocos mais fidedigno ao sólido mineralizado.

### 11.3. METODOLOGIA DE ESTIMATIVA

Os parâmetros estimados foram umidade, poder calorífico, matéria volátil, cinzas (base seca) e carbono fixo (base seca). A estimativa foi feita no Strat3D separadamente para cada turfeira, a partir das suas respectivas amostras. O método aplicado foi o inverso do quadrado da distância (IQD), utilizando três elipsoides de busca distintos para interpolação dos teores (Tabela 11.2).

O arquivo final, com o modelo de bloco contendo os teores estimados, foi nomeado como Estimate

**Tabela 11.1** - Comparação entre as amostras originais e os tamanhos de amostras compostas testados para regularização das amostras da Turfeira Sutar.

PROCESSO	COMPRIMENTO (m)	COMPRIMENTO MÍNIMO (m)	COMPRIMENTO MÉDIO (m)	COMPRIMENTO MÁXIMO (m)	INTEVALO (m)	NÚMERO DE COMPOSTAS
Assay		0	0.52	1.16	1.16	220
Processo 1	0,25m	0.13	0.24	0.25	0.12	459
Processo 2	0.5 m	0.25	0.46	0.50	0.25	224
Processo 3	0.75 m	0.38	0.66	0.75	0.37	146

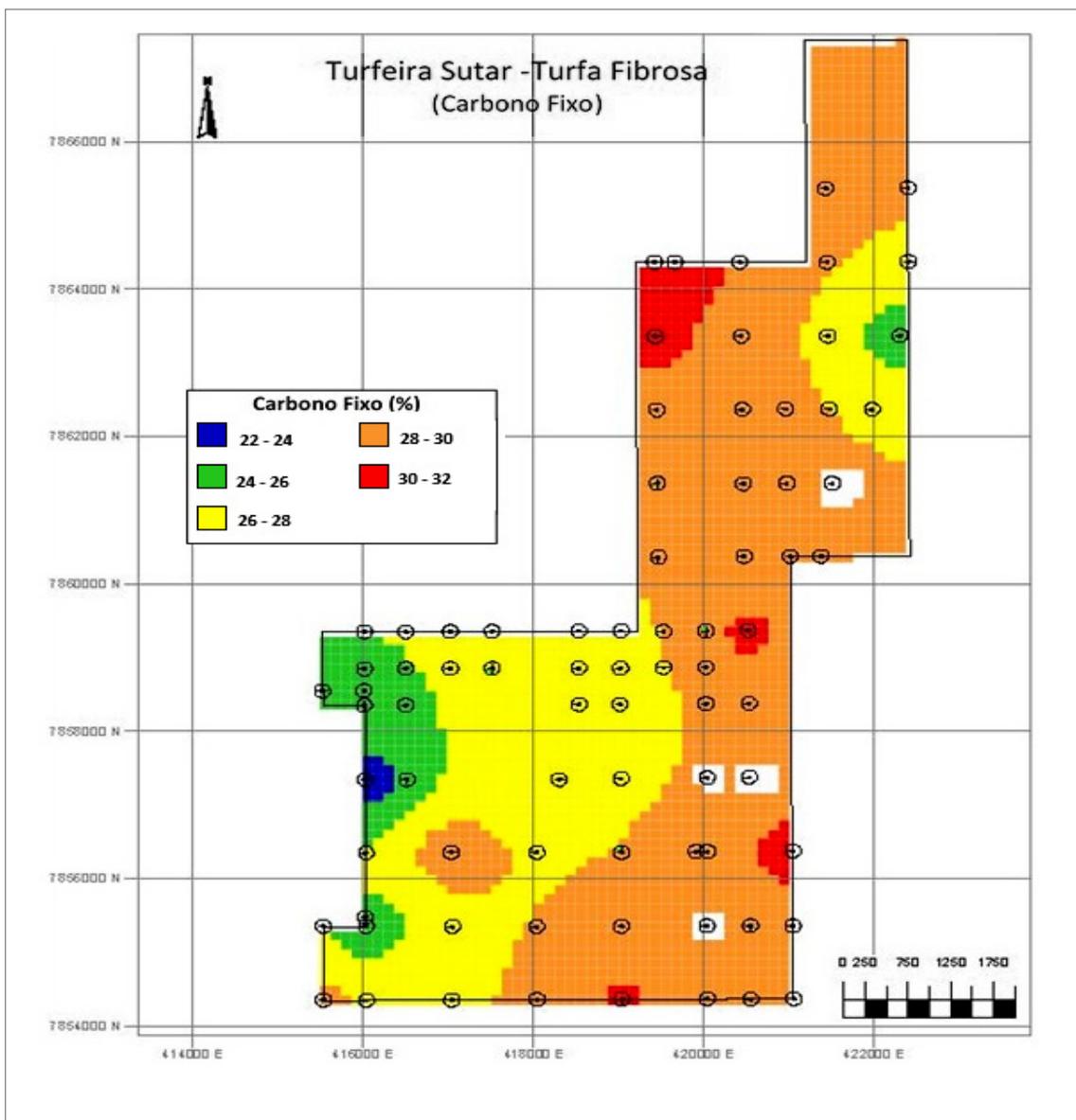
Linhares\_CPRM\_250518, com a data de congelamento em 25/05/2018.

Nas Figuras 11.1 a 11.19, são apresentadas as plantas com os modelos de blocos para as camadas da turfa fibrosa, pertinentes aos quatro depósitos de turfa em pauta, de acordo com os parâmetros estimados para carbono fixo, poder calorífico, umidade, matéria volátil

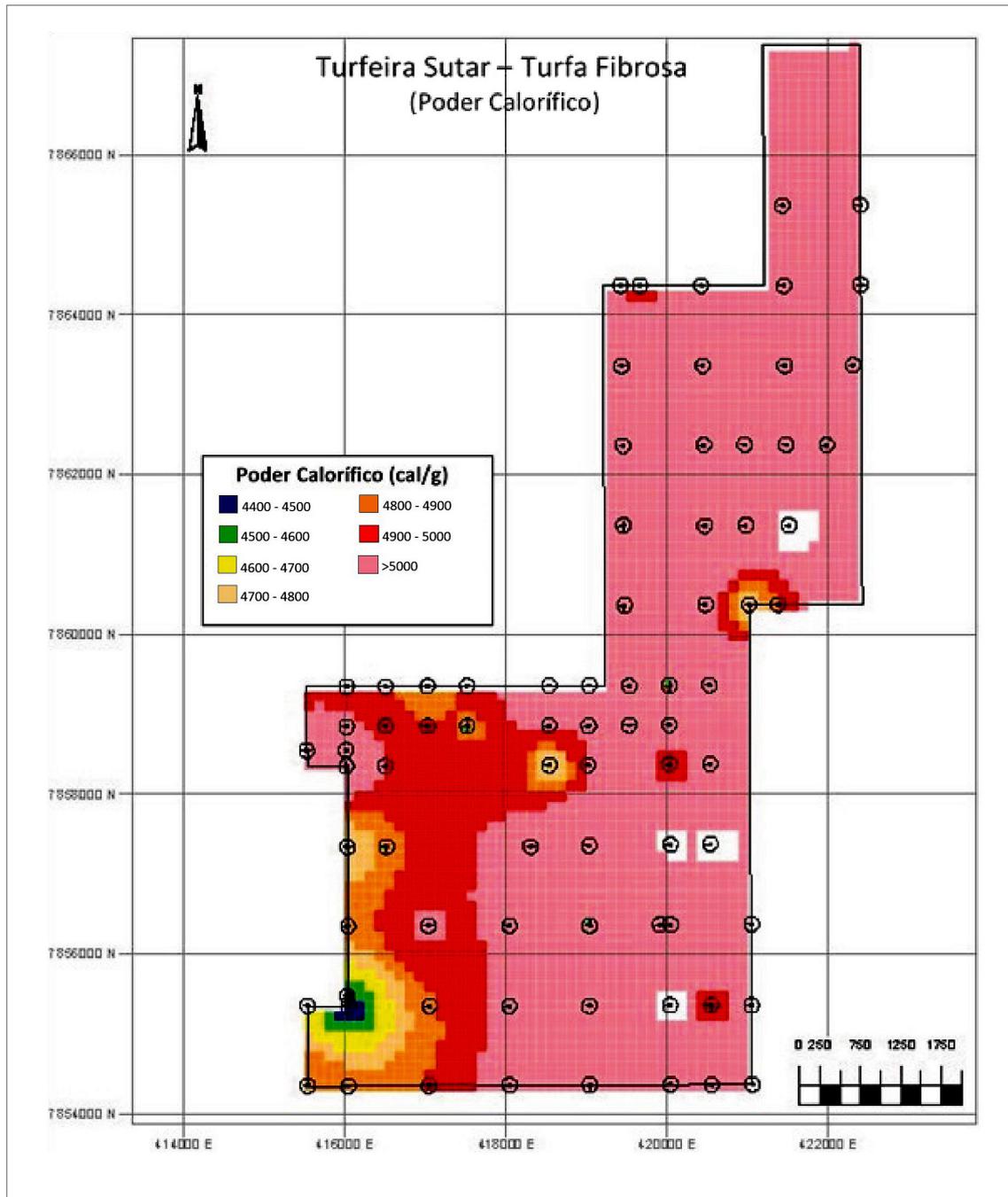
e cinzas. Nas figuras deve ser observado que as faixas em branco correspondem a áreas não avaliadas devido à ausência de dados. Faixas de valores das legendas sem áreas correlatas nos mapas é decorrência da falta de representatividade em função da escala das cartas. Os pequenos círculos correspondem a pontos com furos a trado.

**Tabela 11.2** - Dimensões dos elipsoides de busca.

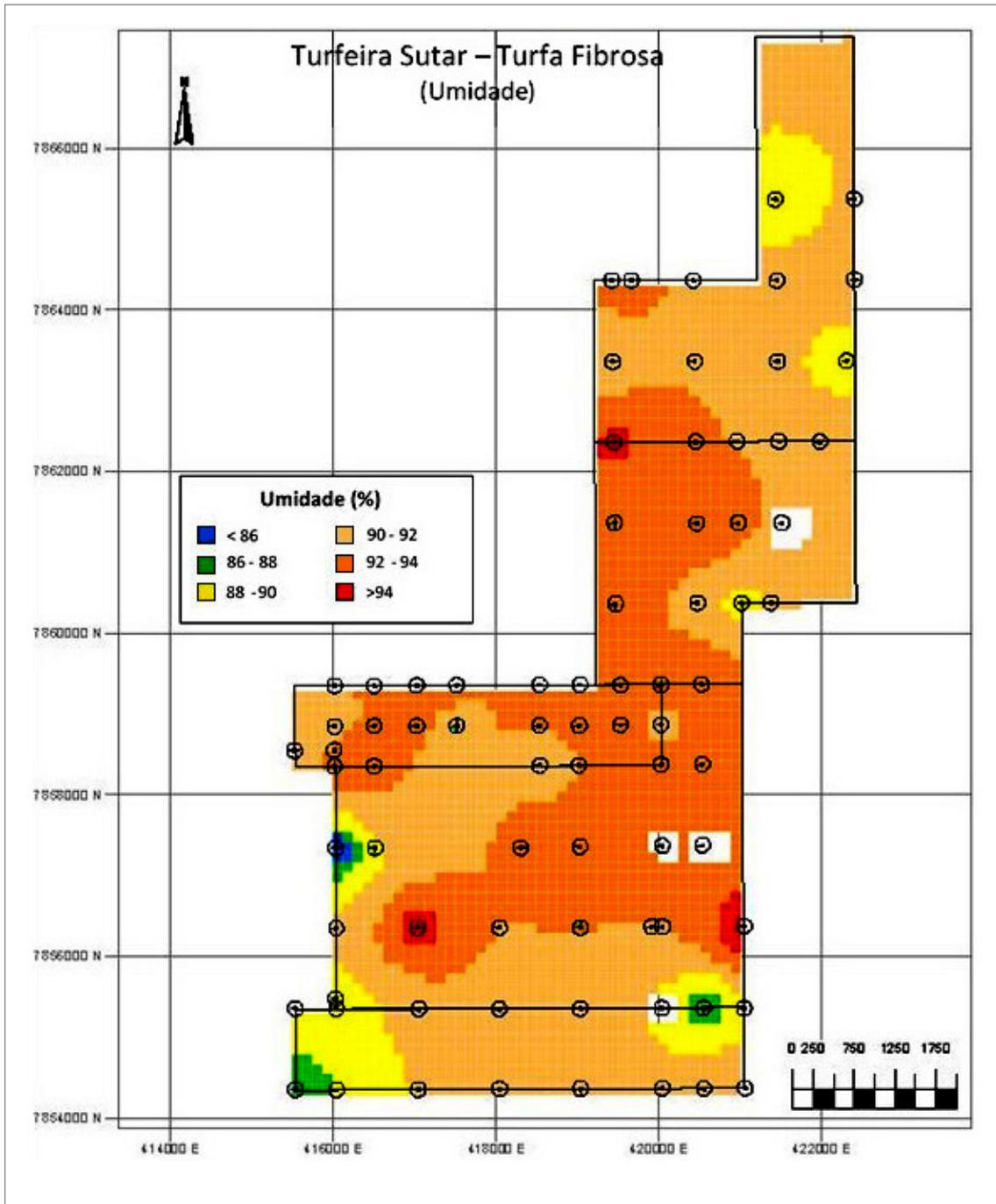
CRITÉRIOS	1	2	3
Mínimo de amostras por bloco	1	1	1
Máximo de amostras por bloco	20	20	20
Número mínimo de furos	1	1	1
Dimensões maior, média e menor do elipsoide de busca (m)	100x100x5	200x200x10	10000x10000x500 15000x15000x750 (Sutar)



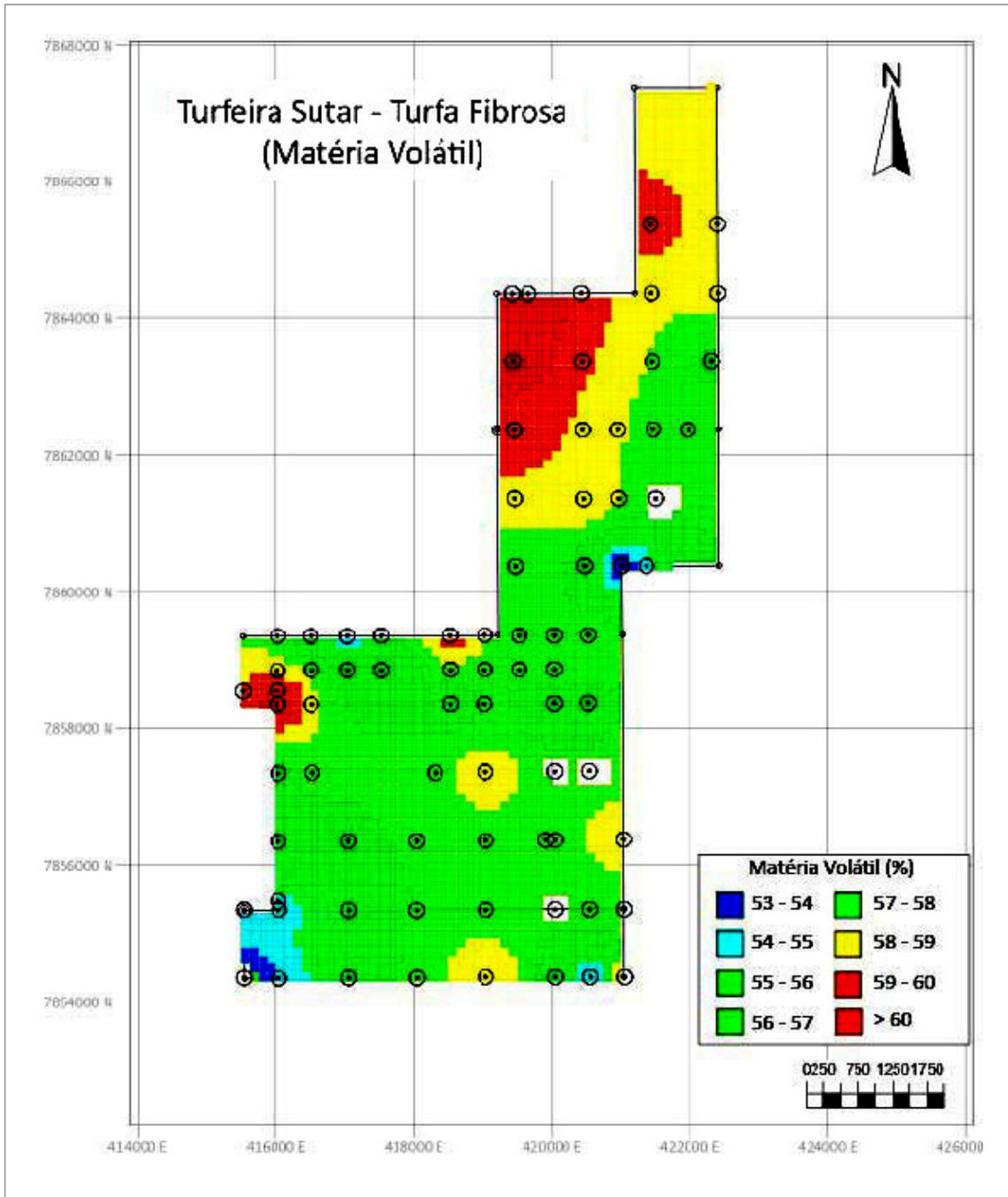
**Figura 11.1** - Distribuição dos teores de carbono fixo em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Sutar segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



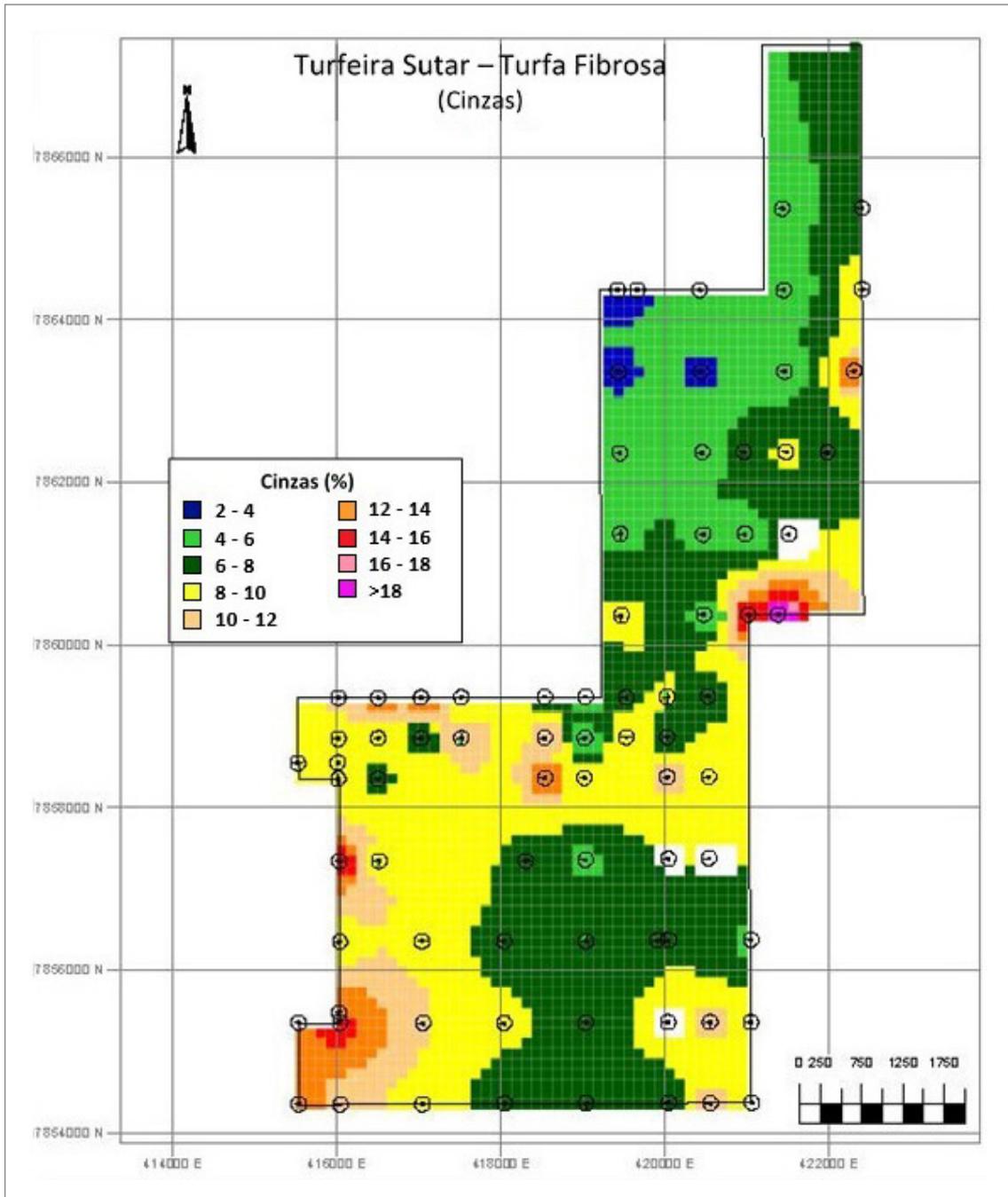
**Figura 11.2** - Distribuição dos teores de poder calorífico para a turfa fibrosa da Turfeira Sutar segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



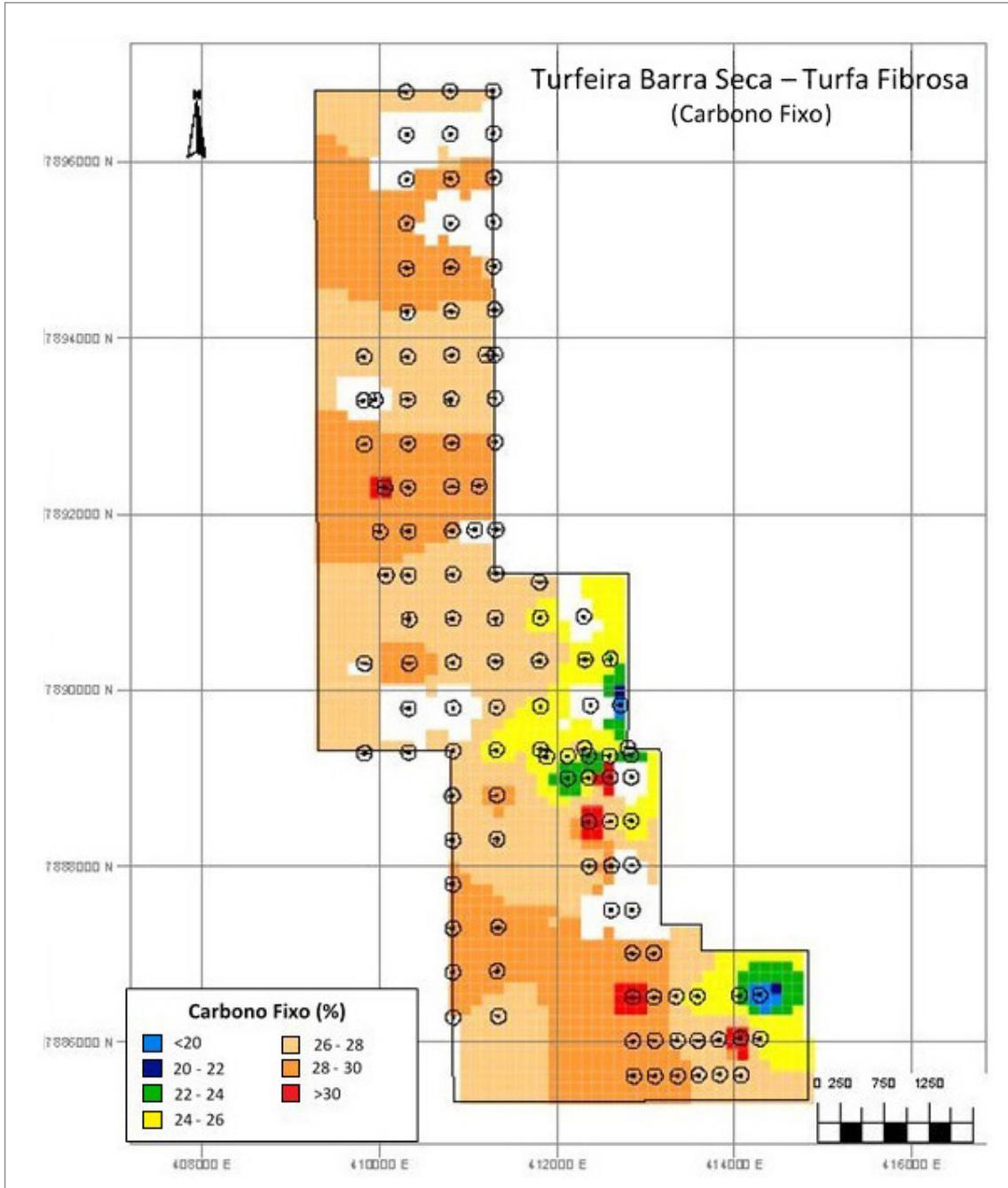
**Figura 11.3** - Distribuição dos teores de umidade para a turfa fibrosa da Turfeira Sutar segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



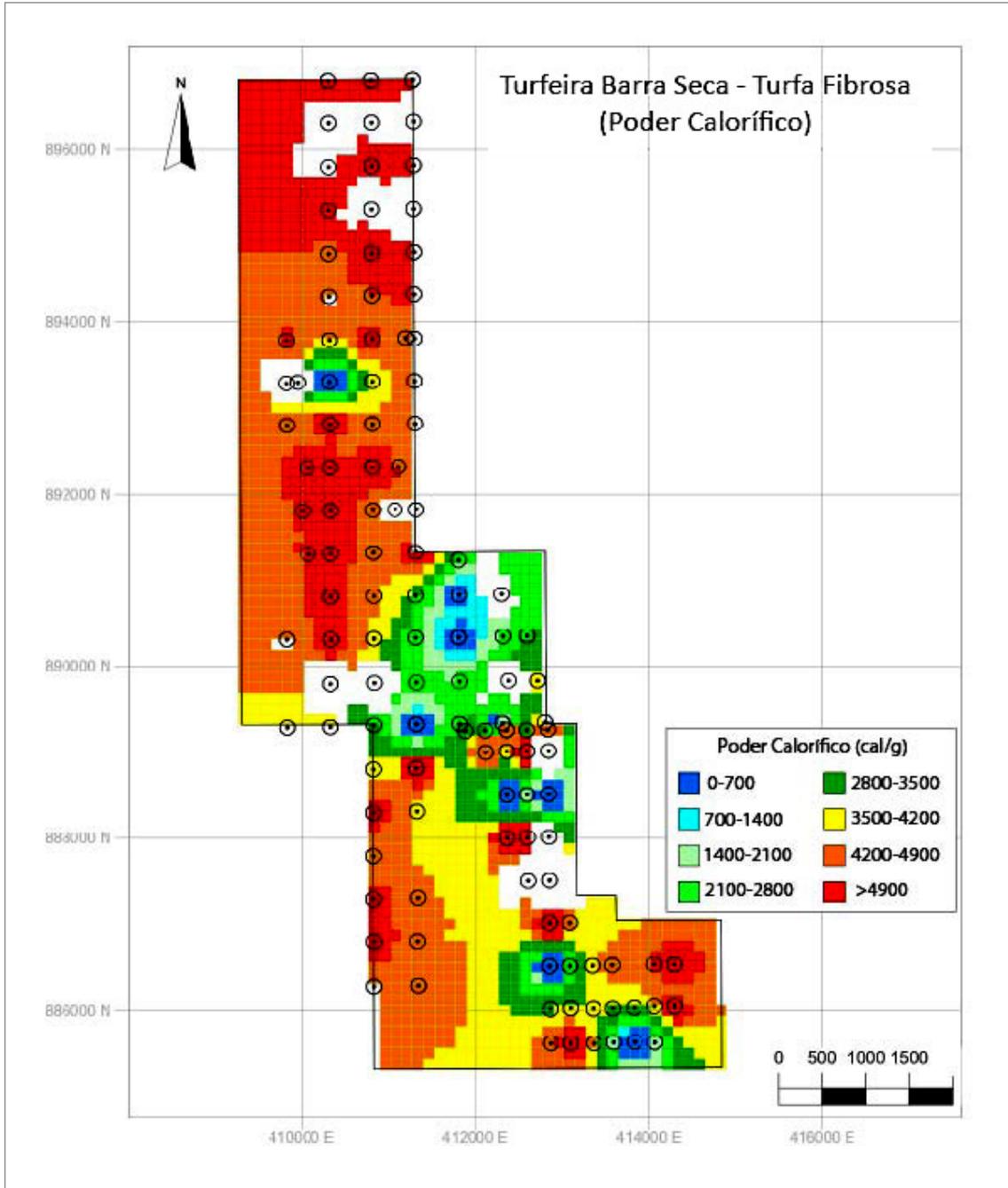
**Figura 11.4** - Distribuição dos teores de matéria volátil em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Sutar segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



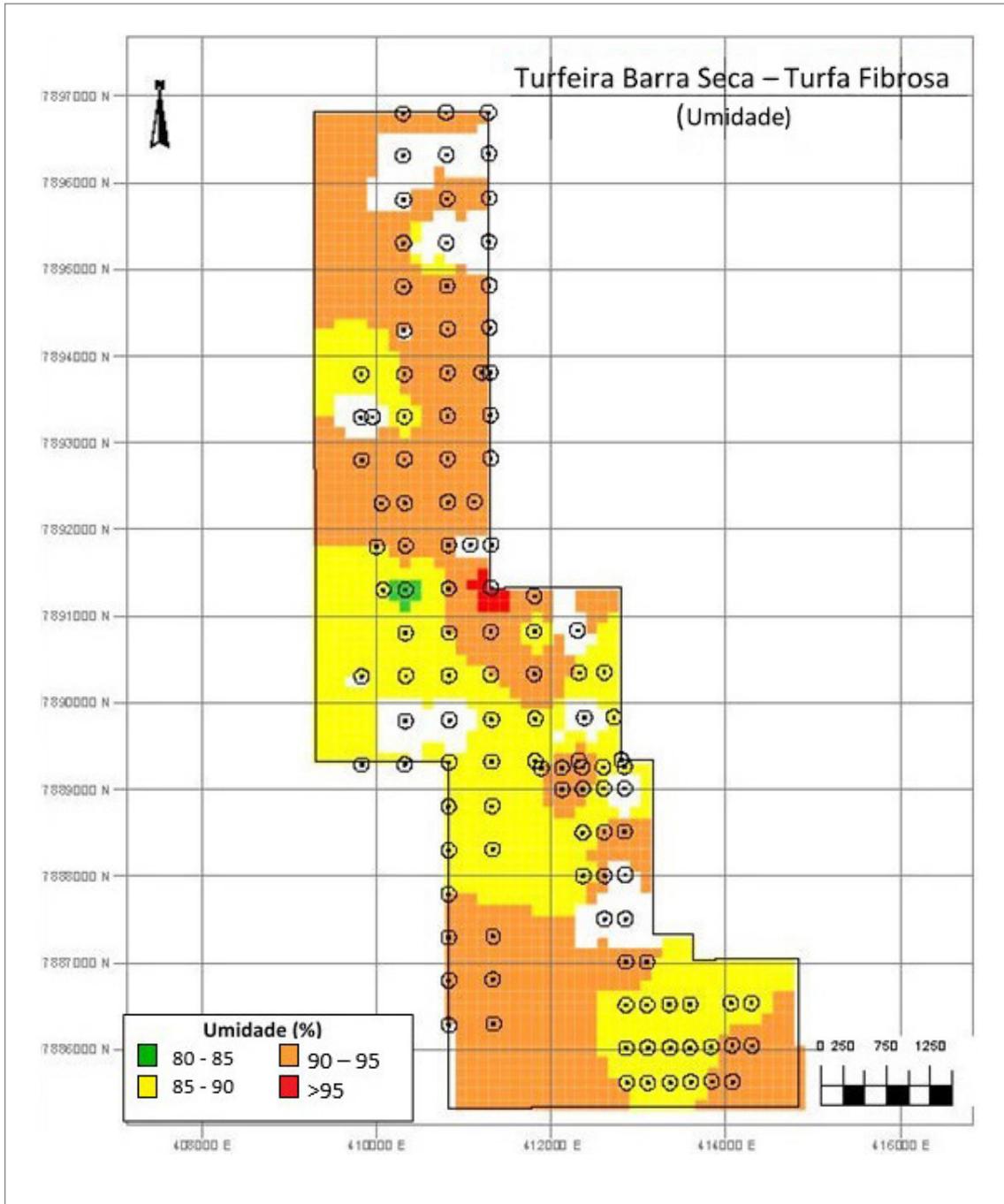
**Figura 11.5** - Distribuição dos teores de cinzas em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Sutar segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



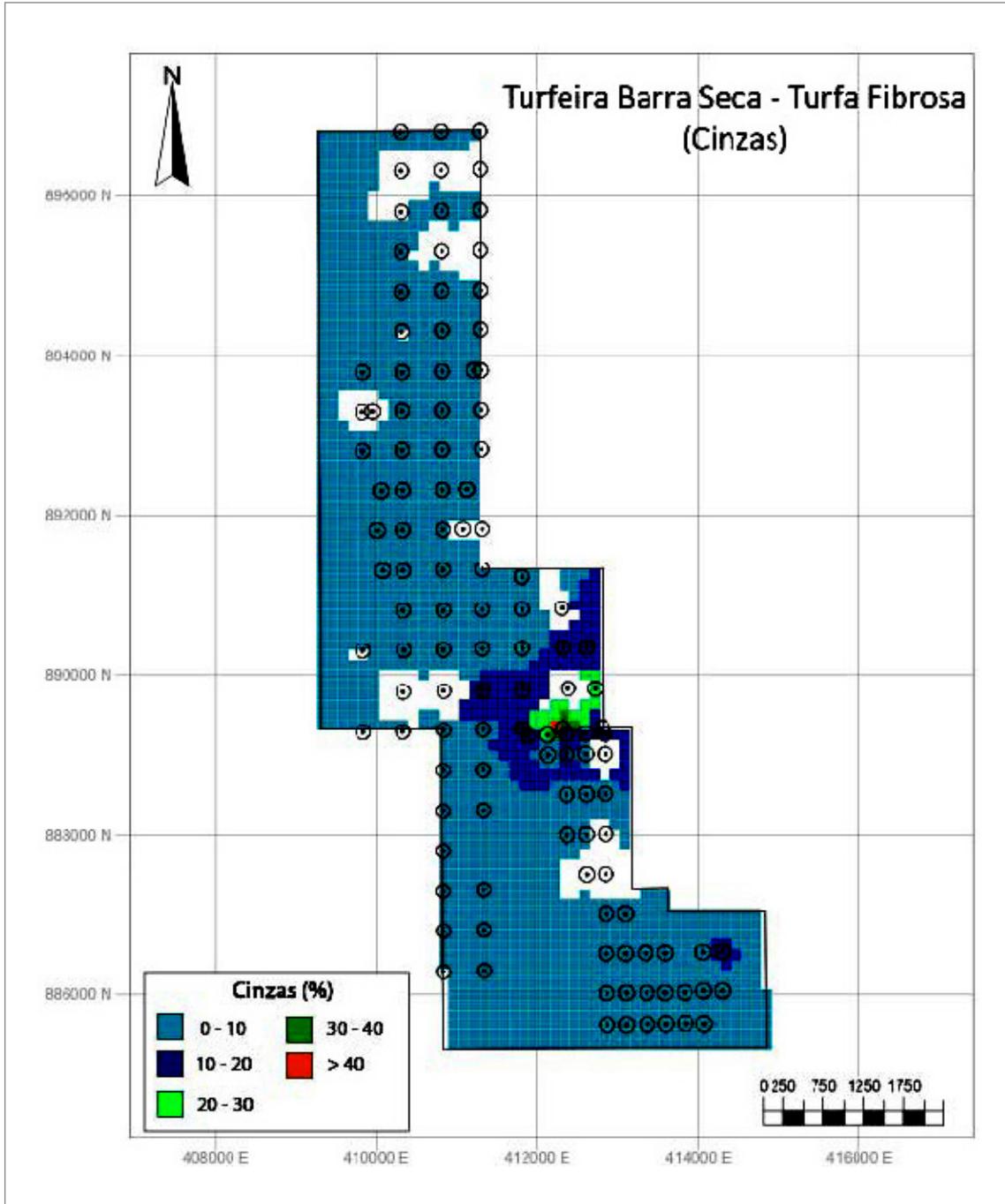
**Figura 11.6** - Distribuição dos teores de carbono fixo em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Barra Seca segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



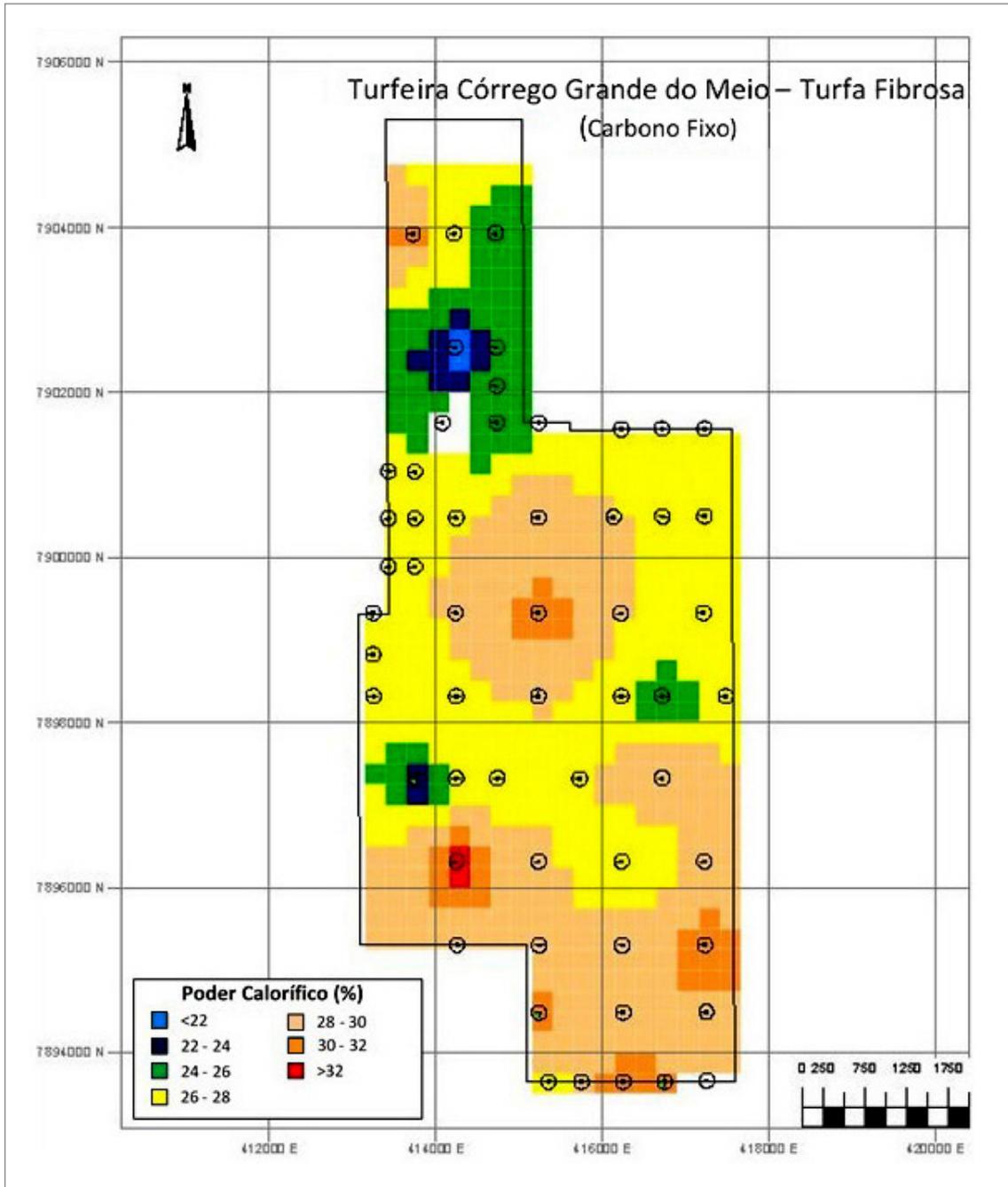
**Figura 11.7** - Distribuição dos teores do poder calorífico para a turfa fibrosa da Turfeira Barra Seca segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



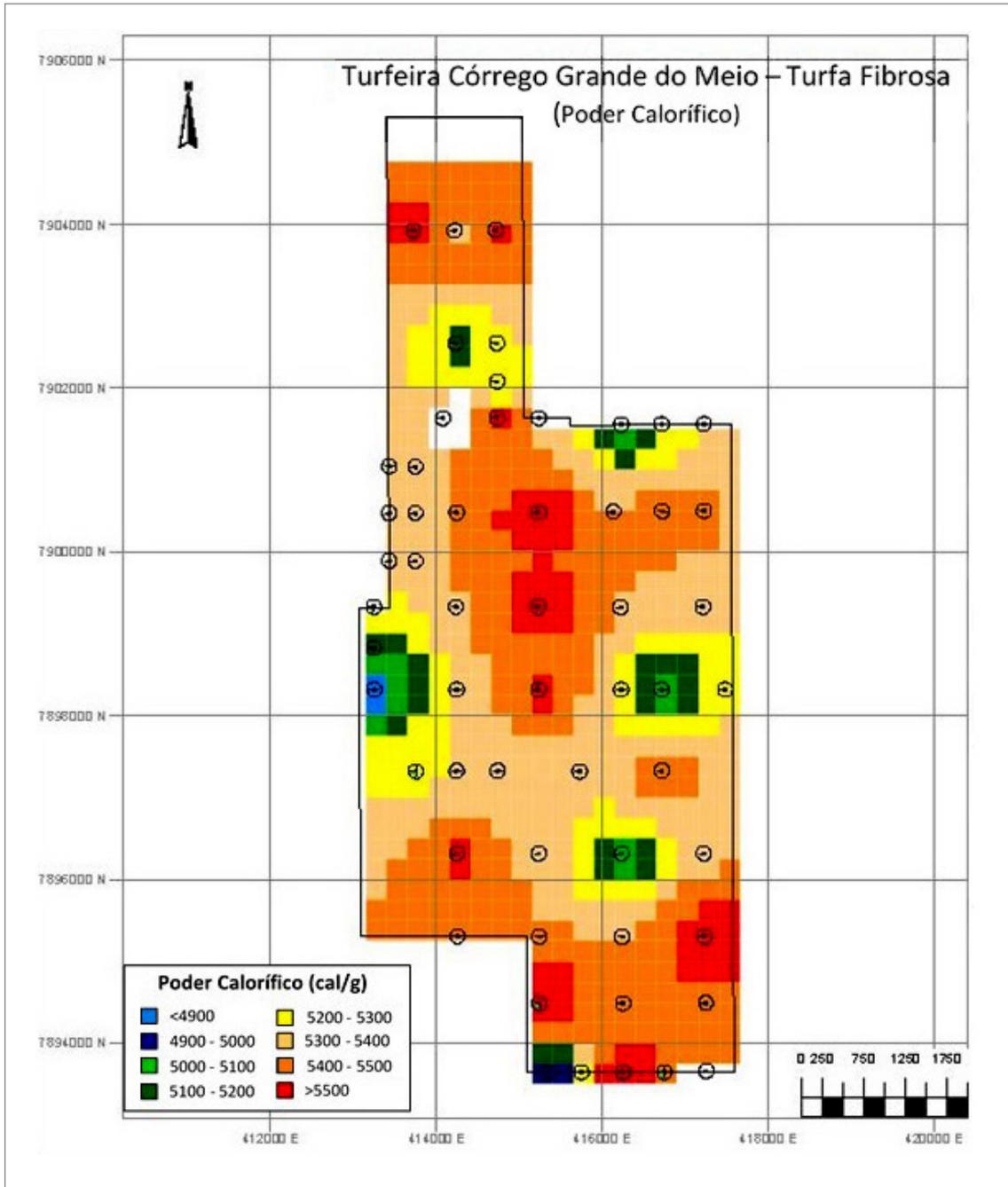
**Figura 11.8** - Distribuição dos percentuais de umidade para a turfa fibrosa da Turfeira Barra Seca segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



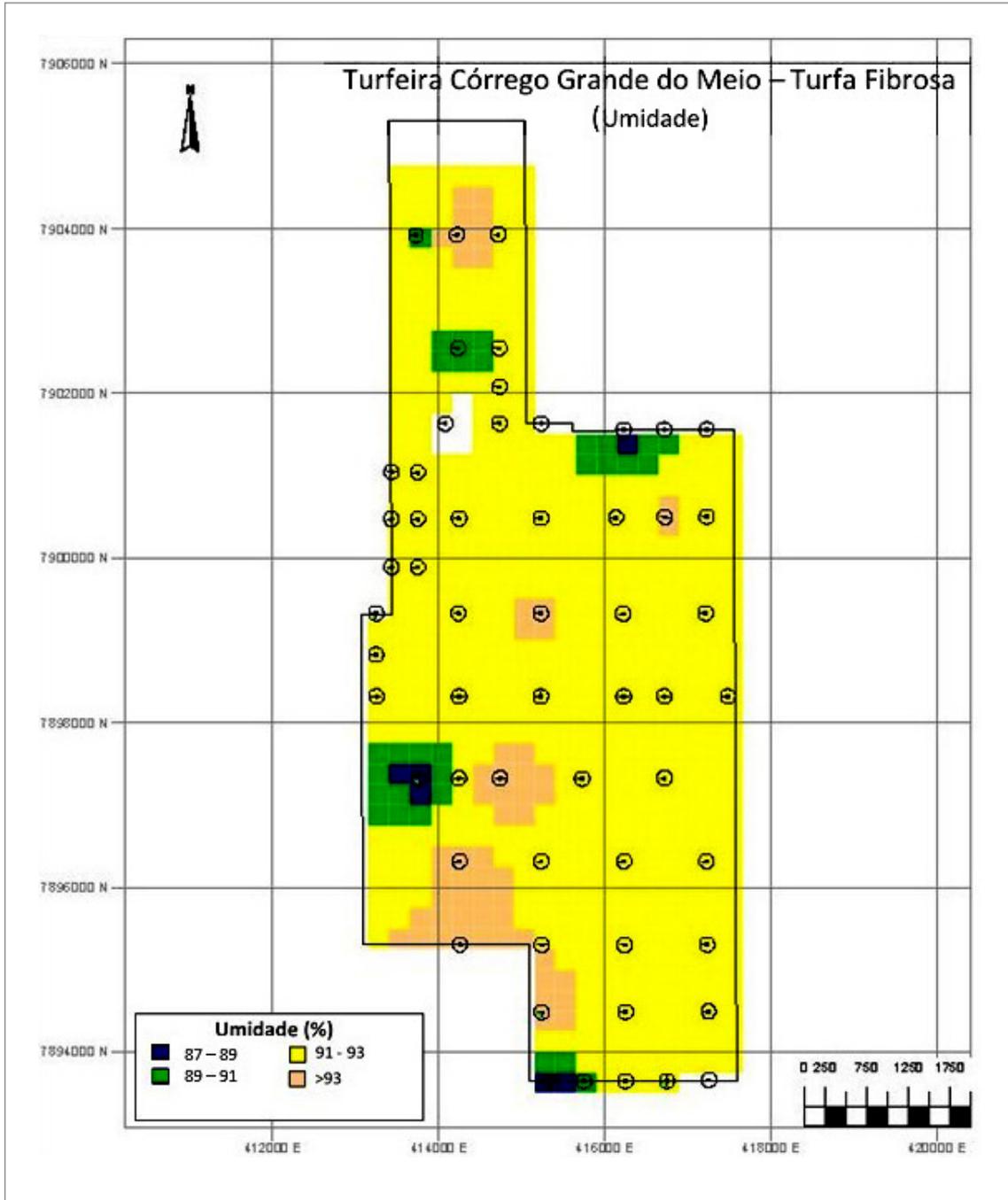
**Figura 11.9** - Distribuição dos percentuais de cinzas em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Barra Seca segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



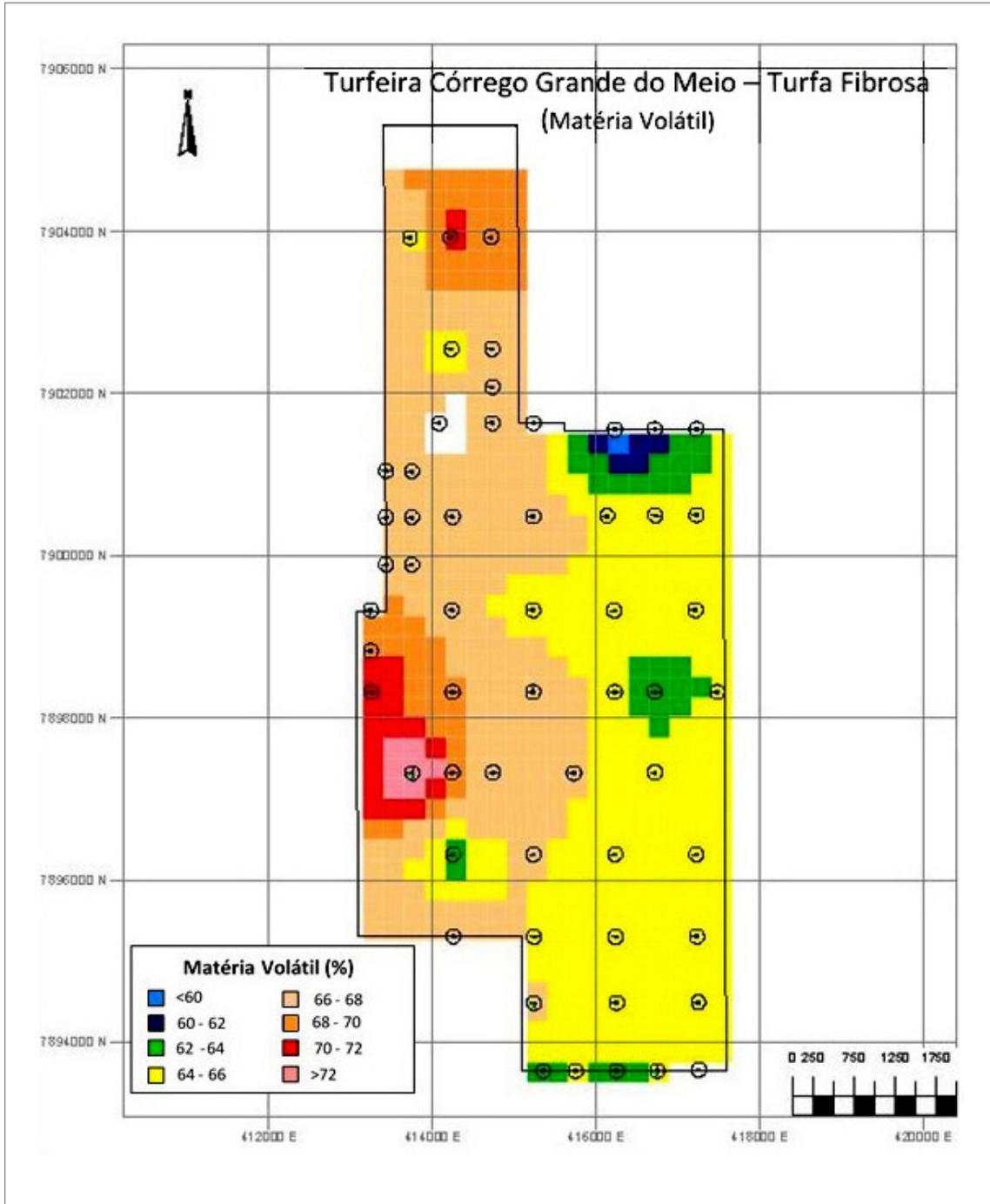
**Figura 11.10** - Distribuição dos percentuais de carbono fixo em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



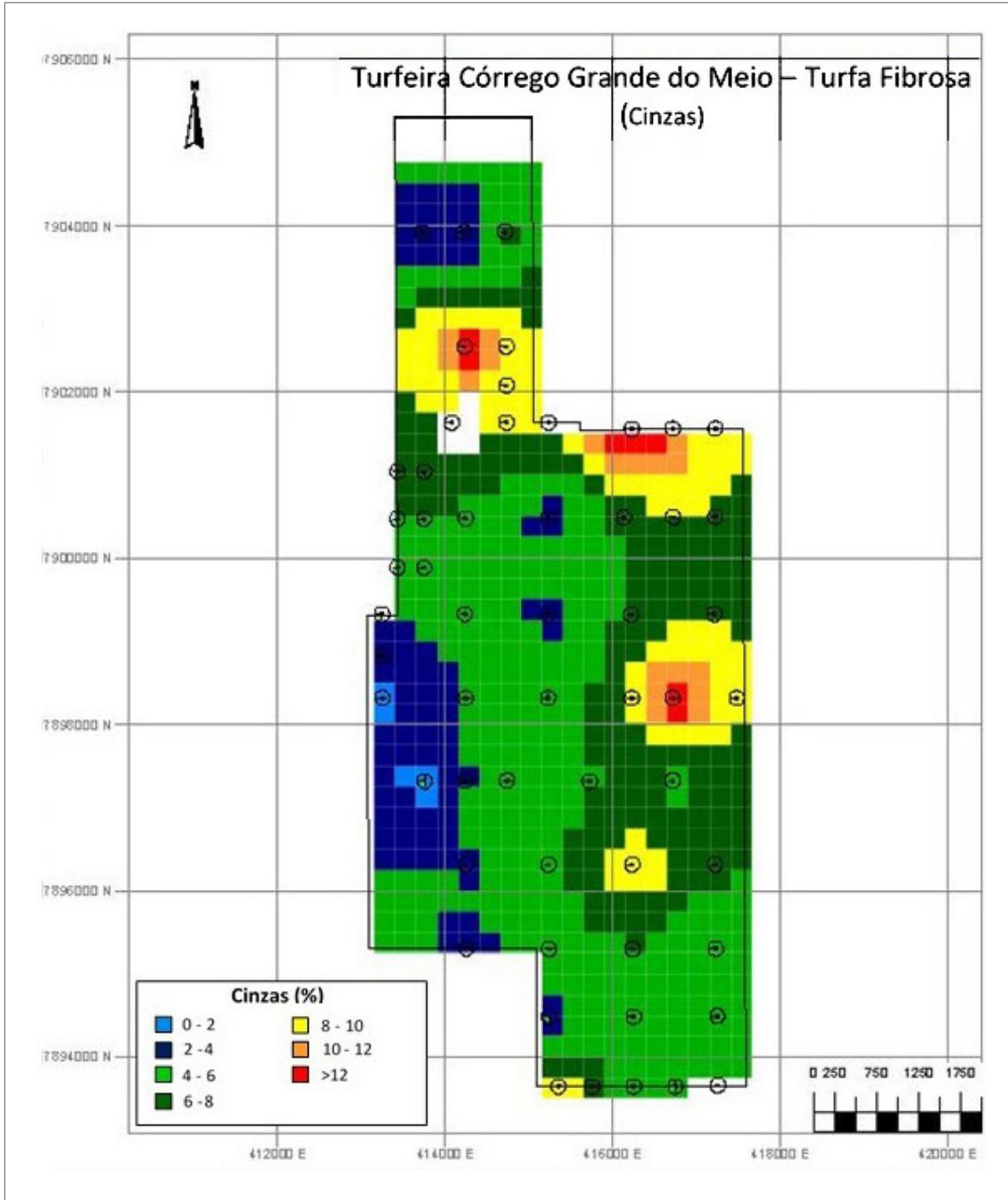
**Figura 11.11** - Distribuição dos teores do poder calorífico para a turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



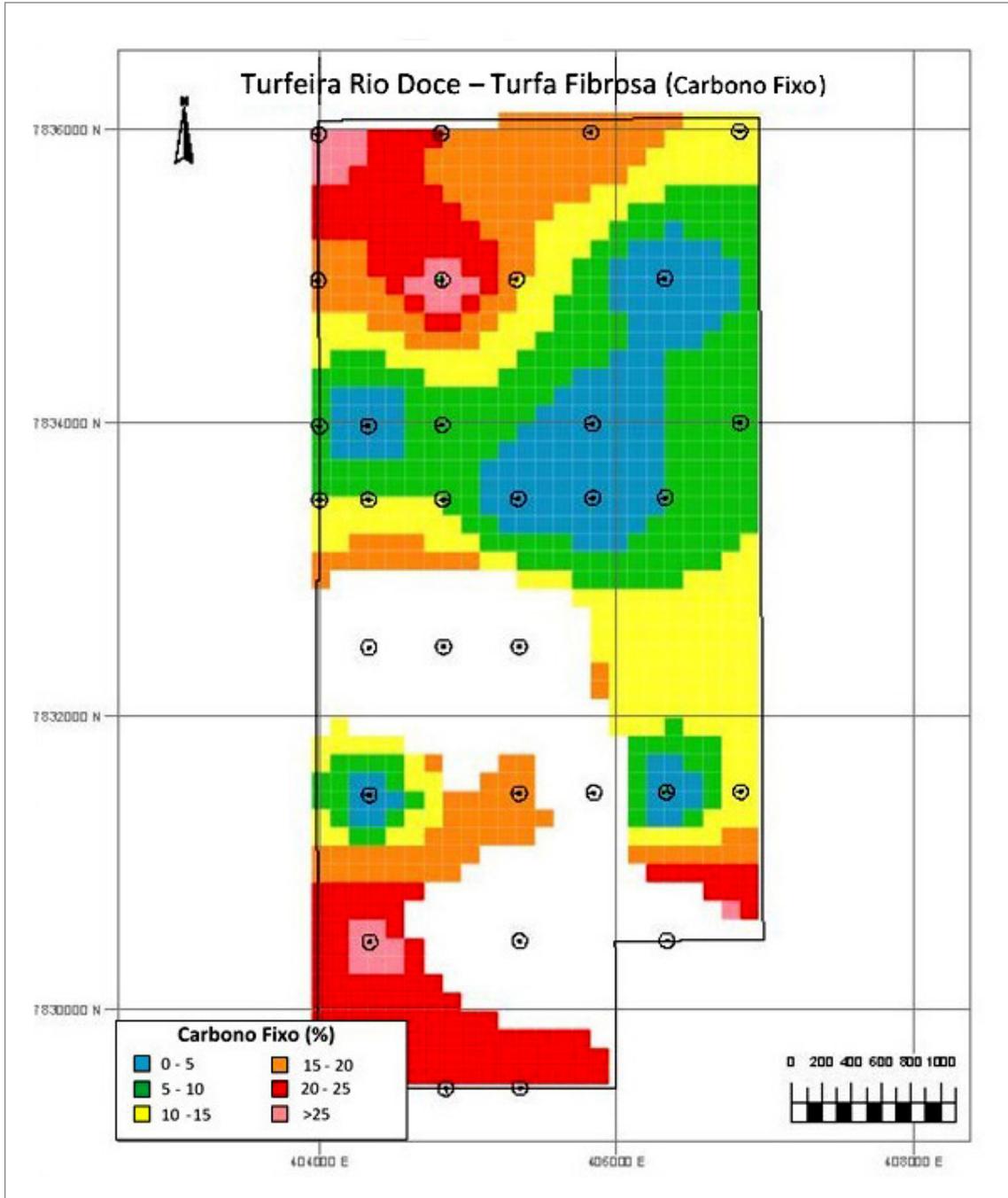
**Figura 11.12** - Distribuição dos percentuais de umidade para a turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



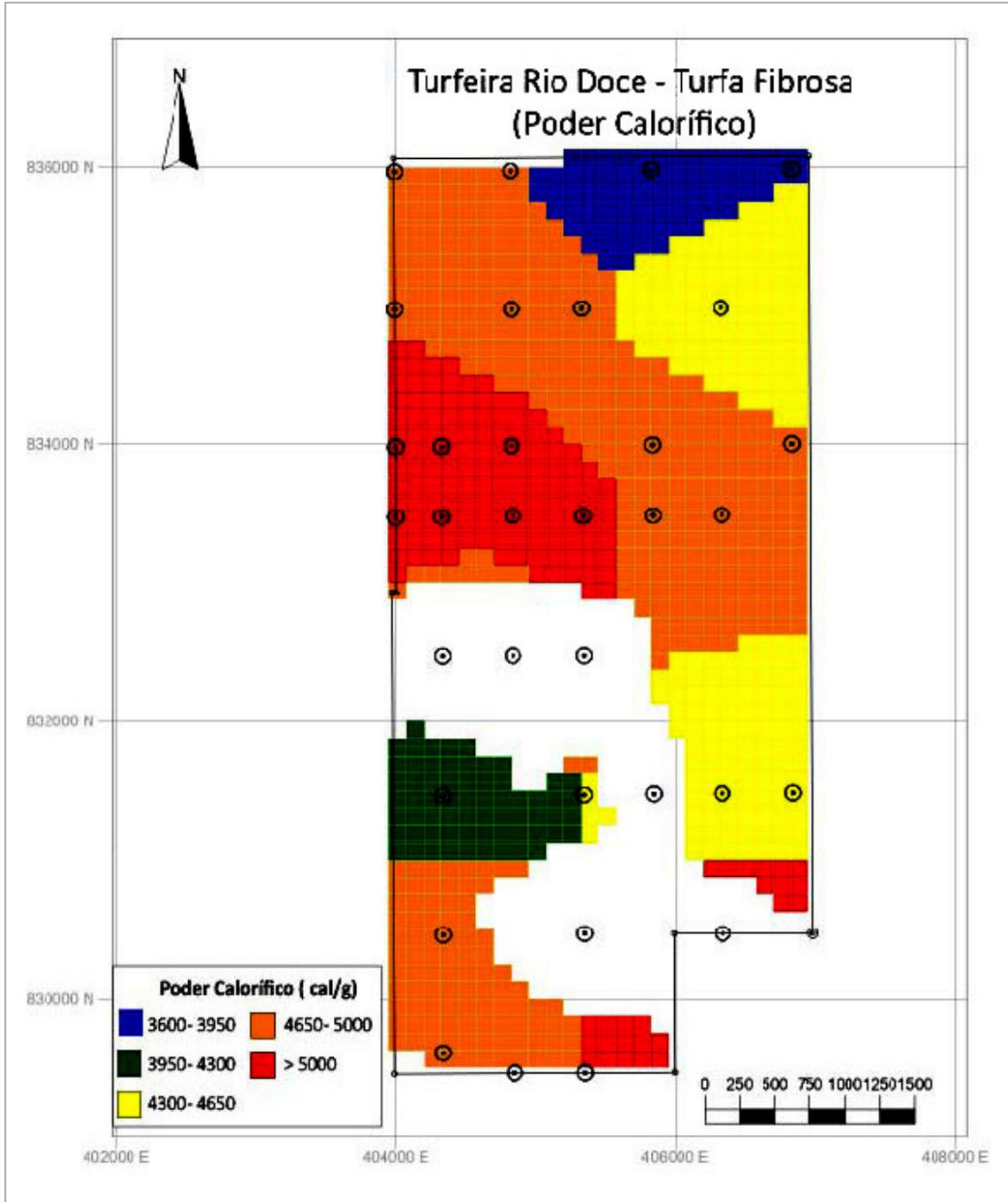
**Figura 11.13** - Distribuição dos percentuais de matéria volátil em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



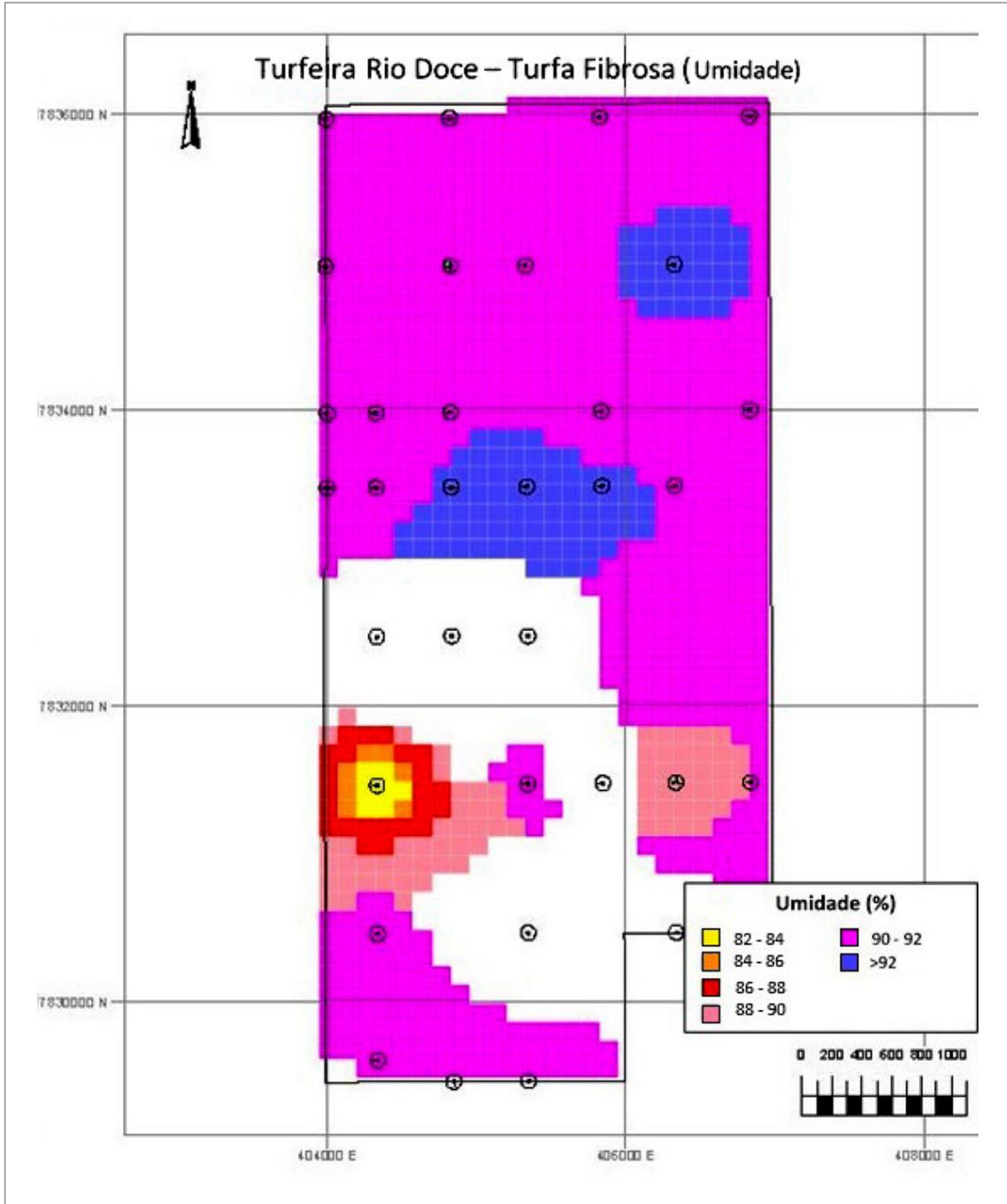
**Figura 11.14** - Distribuição dos percentuais de cinzas em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Córrego Grande do Meio segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



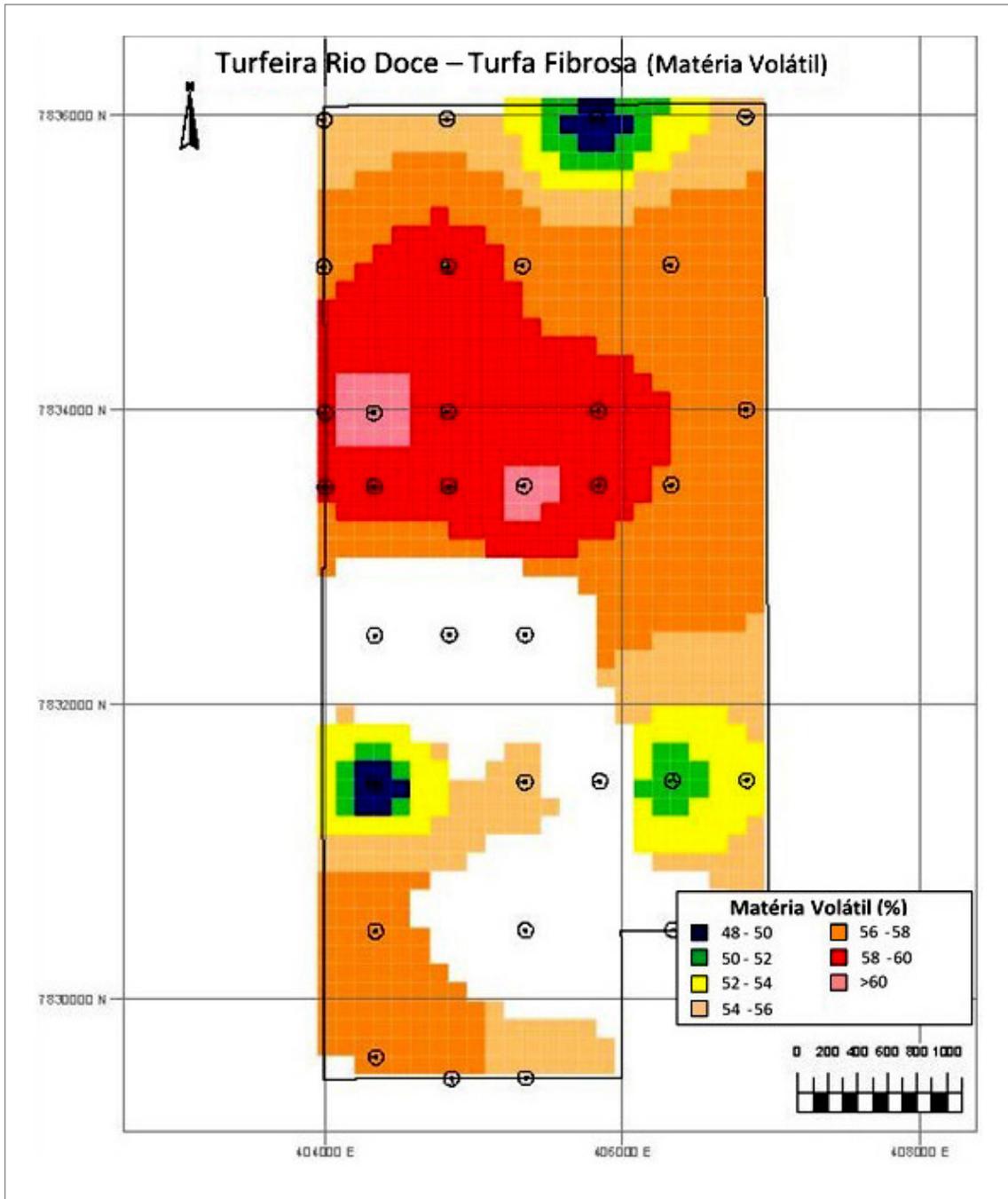
**Figura 11.15** - Distribuição dos percentuais de carbono fixo em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



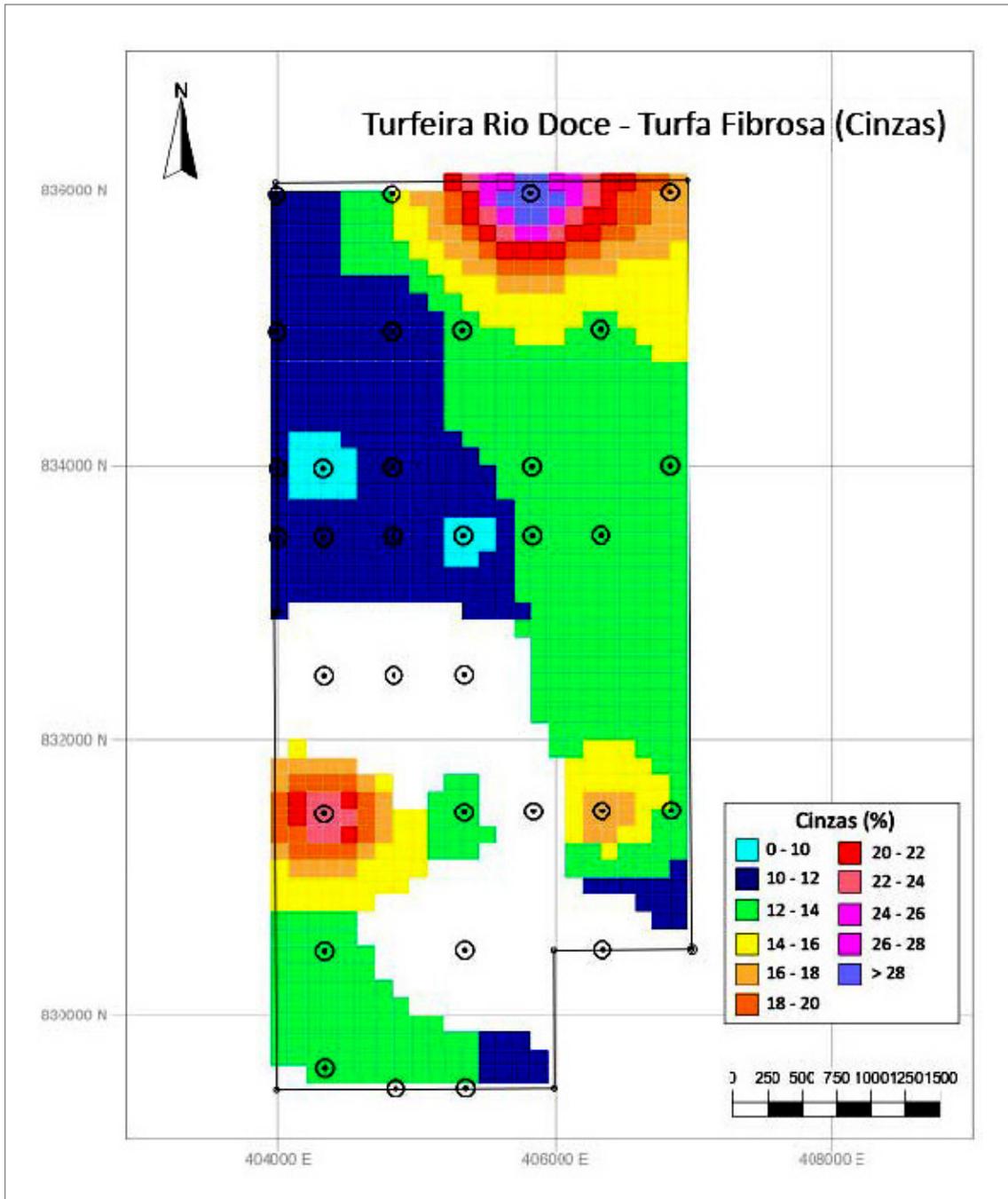
**Figura 11.16** - Distribuição dos teores do poder calorífico para a turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.17** - Distribuição dos percentuais de umidade para a turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.18** - Distribuição dos percentuais de matéria volátil em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.19** - Distribuição dos percentuais de cinzas em base seca para a turfa fibrosa da Turfeira Rio Doce segundo modelo de blocos (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

## 11.4. QUADRO DE RECURSOS

Como resultado do estudo de reavaliação do Projeto Turfa Linhares, obteve-se o total de recursos para cada um dos depósitos, assim como os teores médios estimados para os parâmetros avaliados, os quais estão discriminados, por área de direito minerário, na Tabela 11.3. A soma de todos os recursos (Tabela 11.3) atingiu o valor de 14,2 milhões de toneladas de turfa, com teores médios de 5.000 cal/g para o poder calorífico, 7,39% para as cinzas, 61,95% de matéria volátil, 25,56% de carbono fixo de 91,60% para a umidade a uma densidade média (*dry bulk density*) de 0,09.

A Turfeira Córrego Grande do Meio apresenta o maior volume de recursos, seguido pelas turfeiras Sutar, Barra Seca e Rio Doce. As Figuras 11.20 a 11.24

apresentam a distribuição dos recursos em cada um desses depósitos juntamente com os teores estimados.

Ressalta-se a significativa diferença obtida em relação aos dados apresentados pelos relatórios finais de pesquisa aprovados pelo DNPM, onde a soma das reservas medida, indicada e inferida foi de aproximadamente 11,31 milhões toneladas de turfa (Tabela 11.3), ou seja, um valor 25,6% menor.

Tal diferença reflete, principalmente, a limitação das ferramentas utilizadas na época do projeto de pesquisa, frente ao grande avanço alcançado nas últimas décadas nas áreas da modelagem geológica, avaliação e estimativa de recursos, tornando possível a utilização de novos métodos computacionais, e aumentando consideravelmente a precisão, a confiabilidade e a qualidade dos resultados reportados.

**Tabela 11.3** - Quadro final de recursos obtido pelos trabalhos de modelagem do Projeto Turfa Linhares, com dados contabilizados para cada área de processo de pesquisa que compõem o projeto.

QUADRO DE RECURSOS - PROJETO TURFA LINHARES											
Turfeira	Processo DNPM	Área (ha)	Município	Umidade (%)	Poder Calorífico (cal/g)	Cinzas base seca (%)	Matéria Volátil base seca (%)	Carbono Fixo base seca (%)	Densidade (dry bulk density)	Volume Total (m³)	Tonelagem
Córrego Grande do Meio	890.057/84	1782.03	São Mateus	92.12	5345.57	4.40	67.93	27.67	0.08	33.887.227	2.744.865
	890.058/84	1982.02	São Mateus	92.22	5371.48	6.87	64.89	28.24	0.08	31.021.418	2.512.735
	Subtotal	3764.05	-	92.16	5357.96	5.58	66.47	27.94	0.08	64.908.644	5.257.600
Barra Seca	890.044/84	2000.00	Linhares e São Mateus	90.70	4665.63	3.72	62.44	28.07	0.10	6.861.530	708.796
	890.045/84	1600.00	Linhares e São Mateus	89.68	3925.20	7.53	60.59	27.08	0.10	6.559.960	677.644
	890.056/84	2000.00	Linhares e São Mateus	90.11	3831.65	7.18	60.23	27.48	0.10	10.228.875	1.056.643
	Subtotal	5600.00	-	90.16	4099.56	6.28	60.97	27.54	0.10	23.650.364	2.443.083
Sutar	890.051/84	820.00	Linhares	92.23	5222.36	7.38	58.13	28.82	0.10	8.655.012	865.501
	890.052/84	1000.00	Linhares	91.24	5262.77	5.72	59.54	28.66	0.10	8.136.978	813.698
	890.061/84	450.00	Linhares	92.10	5021.26	9.08	57.77	25.03	0.10	5.938.515	593.851
	890.062/84	1598.80	Linhares	91.98	5047.97	8.56	57.74	27.60	0.10	14.807.256	1.480.726
	890.063/84	549.80	Linhares	90.16	4989.18	9.00	56.97	28.21	0.10	5.124.989	512.499
	Subtotal	4418.60	-	91.69	5113.53	7.90	58.07	27.76	0.10	42.662.749	4.266.275
Rio Doce	890.050/84	1873.02	Linhares	91.26	4674.14	13.39	56.82	11.03	0.11	20.367.394	2.240.413
	Subtotal	1873.02	-	91.26	4674.14	13.39	56.82	11.03	0.11	20.367.394	2.240.413
TOTAL		15656	-	91.60	5000.96	7.39	61.95	25.56	0.09	151.589.151	14.207.371

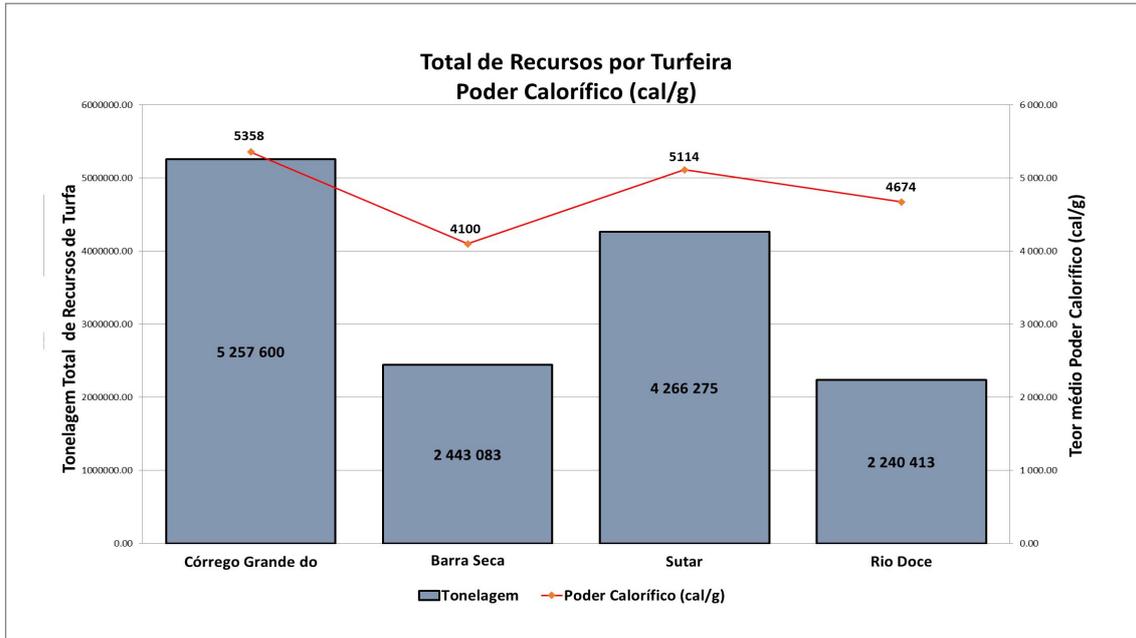


Figura 11.20 - Gráfico apresentando a distribuição dos recursos contidos em cada uma das turfeiras que compõem o projeto, correlacionados com o teor do poder calorífico (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

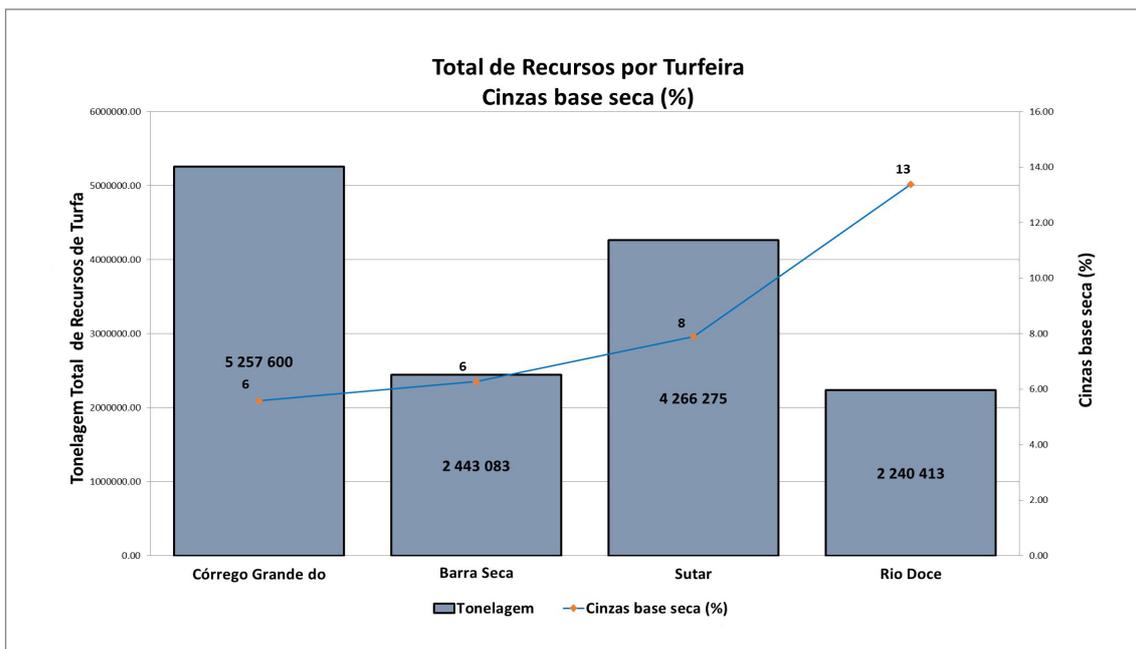
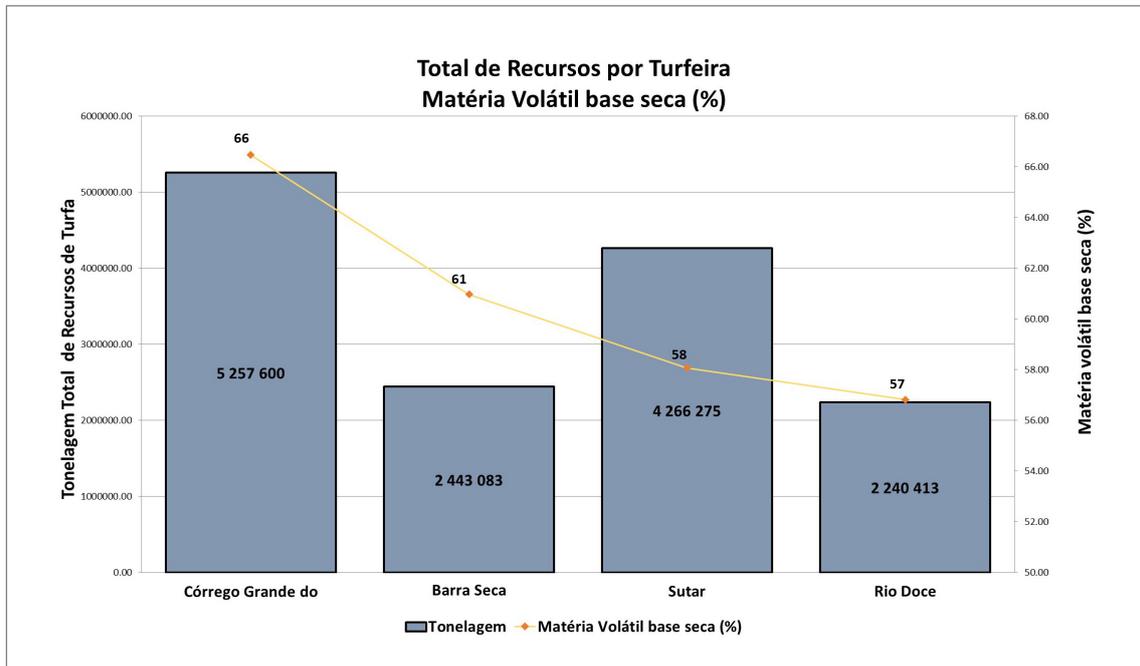


Figura 11.21 - Gráfico apresentando a distribuição dos recursos contidos em cada uma das turfeiras que compõem o projeto, correlacionados com o percentual de cinzas (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).

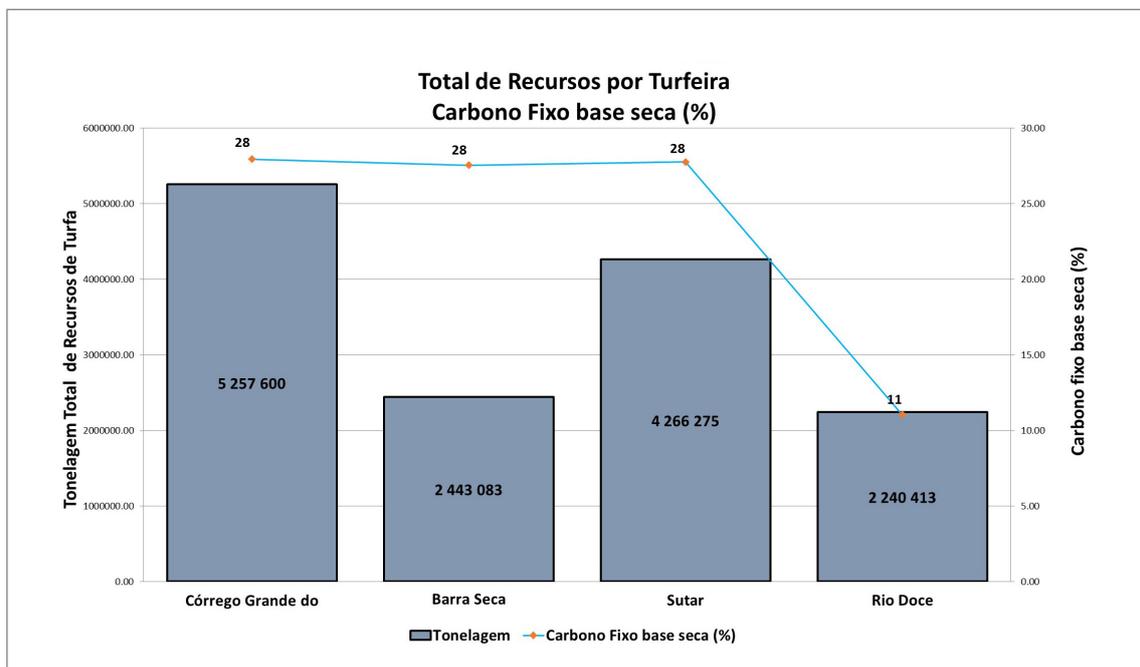
## 11.5. CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS

De acordo com o código internacional JORC (*Australasian Joint Ore Reserves Committee*), para que os recursos possam ser classificados, segundo o grau de confiabilidade, em medidos, indicados e inferidos, uma gama de requisitos mínimos deve ser atendida. Neste estudo, tais requisitos são impraticáveis, tendo em vista tratarem-se de dados históricos, onde se tem uma série de dificuldades em relação à materialidade de dados.

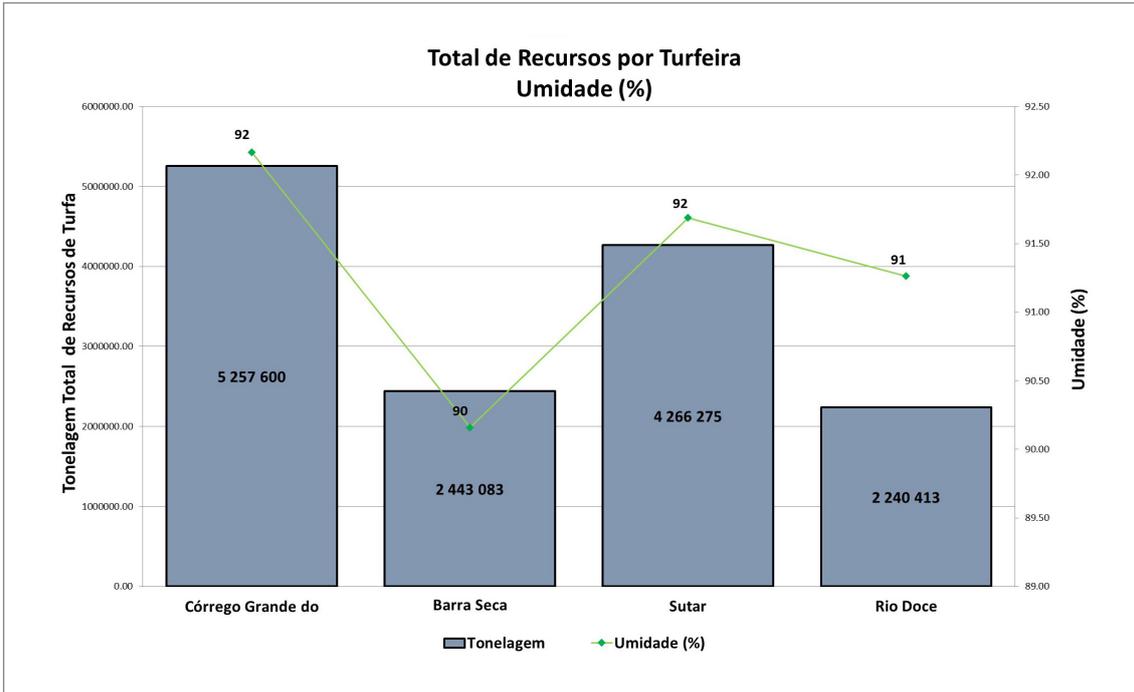
Desta forma, no contexto da Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (Figura 11.25), entende-se que a recomendação é de que o depósito estudado deva ser classificado como “Resultados de Exploração”, uma vez que foi realizada uma Estimativa do Potencial Exploratório. Os resultados apresentados neste estudo poderão ser úteis a investidores e interessados nas áreas, mas não podem ser considerados uma declaração de Recursos Minerais ou Reservas Minerais nos moldes dos principais códigos internacionais.



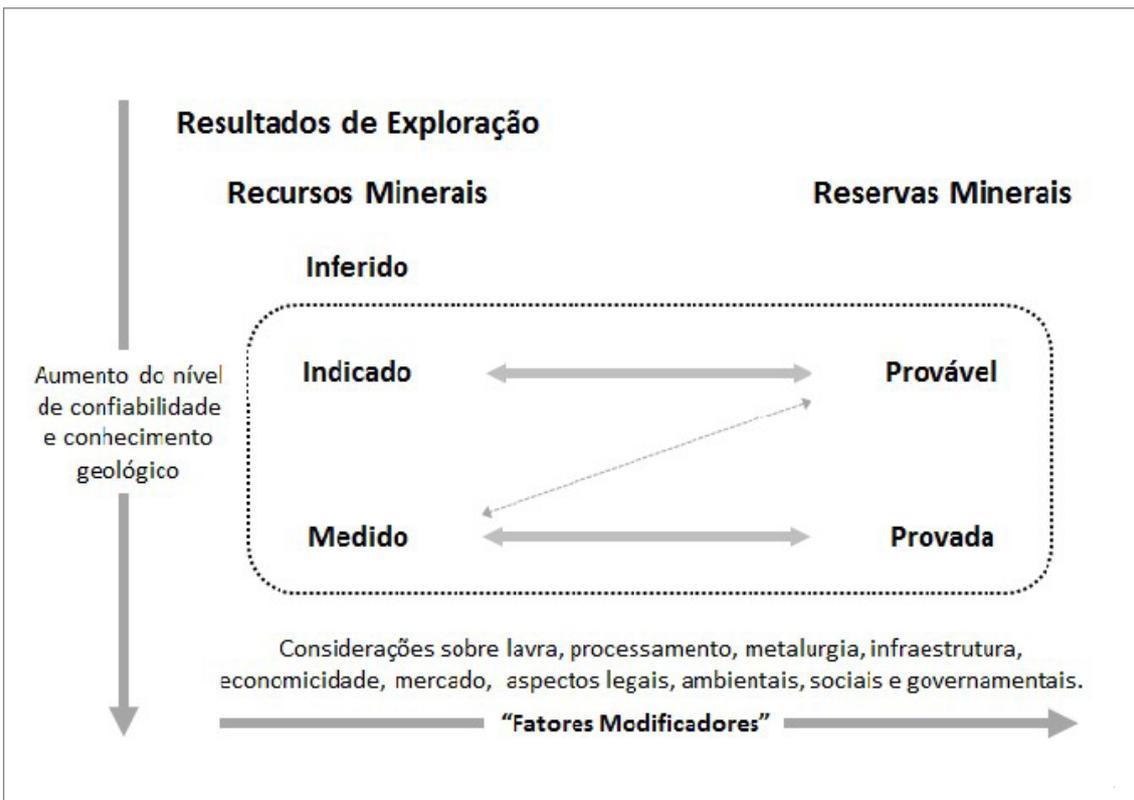
**Figura 11.22** - Gráfico apresentando a distribuição dos recursos contidos em cada uma das turfeiras que compõem o projeto, correlacionados com o percentual de material volátil (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.23** - Gráfico apresentando a distribuição dos recursos contidos em cada uma das turfeiras que compõem o projeto, correlacionados com o percentual de carbono fixo (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.24** - Gráfico apresentando a distribuição dos recursos contidos em cada uma das turfeiras que compõem o projeto, correlacionados com o percentual de umidade (Elaboração: Eduardo Moussalle Grissolia).



**Figura 11.25** - Relação geral entre Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais (CBRR, 2016).

## 12. LAVRA E BENEFICIAMENTO

### 12.1. LAVRA

A turfa é um composto natural, constituído por restos orgânicos parcialmente decompostos, encontrado em regiões pantanosas (Figura 12.1), onde os solos são impermeáveis e há pouca evaporação. É utilizada como material de biorremediação, fonte energética e produto para combate em derramamentos de hidrocarbonetos, entre outras aplicações.



**Figura 12.1** - Abertura de um canal de drenagem em meio a uma região pantanosa com depósitos de turfa (MINERAÇÃO VARGINHA, 2017).

A extração da substância está condicionada ao clima vigente no local onde a turfeira ocorre, e deve seguir alguns estudos de viabilidade de produção, que incluem:

- Determinação do estágio da turfa no que se refere ao seu grau de decomposição e poder calorífico;
- Topografia da área onde a turfeira se encontra;
- Cota da área do depósito em relação às áreas circundantes;
- Dimensões do depósito;
- Localização do depósito em relação aos possíveis centros consumidores;
- Infraestrutura da região; e

g) Impactos ambientais decorrentes do processo de extração.

Além disso, estudos de engenharia devem ser realizados de modo a viabilizar o processo de extração, sendo eles:

- Hidrogeológico de escoamento das águas, tendo em vista a necessidade da abertura de canais de drenagem para águas superficiais e pluviométricas a fim de manter o nível do lençol freático considerado ideal

para o processo de lavra (0,5 a 1 m abaixo da superfície da turfeira);

b) Determinação da capacidade das camadas superficiais para suportar cargas em movimento; e

c) Planejamento para desenvolvimento da mina, metodologia de lavra, transporte e armazenamento do produto.

Terminada a etapa dos estudos de pré-produção, a lavra da turfa pode ocorrer de acordo com quatro processos principais: (i) extração de turfa moída, por raspagem ou por aspiração, (ii) extração de turfa extrudada e (iii) extração hidráulica da turfa. A escolha do processo é de acordo com o clima vigente no local da

turfeira e conforme a disponibilidade de recursos para a atividade. Esses processos de extração são detalhados a seguir.

### 12.1.1. Processo para a produção de Turfa moída por raspagem

Processo realizado em regiões que permitam a secagem ao ar livre, de modo que a turfa tenha um máximo de 55% de umidade. Abrange seis etapas:

a) Raspagem: moagem de uma camada superficial de turfa, de aproximadamente 15 mm, com umidade entre 82% e 87%. Que, então, é deixada exposta ao ambiente subaéreo para que, com a secagem, se atinja 65% de umidade;

b) Revolvimento: a turfa é remoída repetidamente, até que sua umidade seja de 50%. Para isso, usa-se equipamento composto por colheres de aço montadas em eixo tubular transversal, acoplado a um trator;

c) Empilhamento central: a turfa é, então, amontoadada em pilhas localizadas na área central do campo de extração, conforme pode ser observado nos depósitos de Rekyva na Lituânia (Figura 12.2);

d) Colheita: os amontoados de turfa são aglomerados em um único empilhamento, utilizando-se esteiras. Ao fim da colheita, a turfa remanescente pode receber novo processo de extração;

e) Estocagem: os blocos de turfa são compactados e cobertos com filmes de polietileno;

f) Transporte: a turfa é levada para a usina central de beneficiamento.

### 12.1.2. Processo para a produção de turfa moída por aspiração

Processo muito semelhante ao anterior, onde há secagem da turfa ao ar livre até que se atinja um máximo de 50% de umidade, após moagem e revolvimento. Em seguida, a turfa é aspirada por um coletor a vácuo, que possui, em sua parte traseira, um acessório de raspagem capaz de moer uma nova camada superficial de turfa, enquanto recolhe a camada anteriormente seca. Esse fluxo com a turfa é dirigido a um tanque onde é descarregada, formando uma pilha de estocagem para posterior transporte. Esse processo reduz o tempo de colheita, uma vez que realiza várias tarefas simultaneamente.

### 12.1.3. Processo para a produção de turfa extrudada

Neste processo, a turfa é escavada verticalmente por uma draga, que faz passar a turfa úmida, recém-extraída, por um macerador e um extrudor. Em seguida, a turfa é levada por uma esteira transportadora para a parte mais rebaixada da turfeira, onde é cortada em pedaços dimensionados. Quando suficientemente seca, é empilhada em fileiras ao ar livre, exposta à ação do vento, o que aumenta sua secagem. Finalizada essa etapa, os fardos de turfás são recolhidos e empilhados ao longo



**Figura 12.2** - Turfas empilhadas nos depósitos da região de Rekyva, Lituânia (REKYVA, 2017).

do campo, de onde são transportados para a usina de beneficiamento.

#### **12.1.4. Processo de produção da turfa por meio hidráulico**

Este processo é utilizado principalmente em regiões onde os altos índices de pluviosidade não permitem a secagem da turfa ao ar livre. A extração da turfa é feita em mistura com 97 – 98 % de água, com posterior bombeamento para estação de desumidificação por meios mecânicos (prensagem e centrifugação). É o meio mais caro de extração, mas também é o que apresenta menos impactos ambientais durante o processo.

### **12.2. BENEFICIAMENTO**

A instalação da usina de beneficiamento deve ser feita levando-se em conta as distâncias entre as turfeiras e os centros consumidores, tendo em vista os custos operacionais com transporte, que podem inviabilizar o aproveitamento da substância. O beneficiamento ocorre segundo dois processos principais, que são a briquetagem/peletização e a carbonização úmida.

#### **12.2.1. Briquetagem e Peletização**

Processo desenvolvido em duas etapas, que incluem a homogeneização e a secagem.

##### **12.2.1.1. Homogeneização**

O material é misturado e peneirado, visando minimizar as diferenças de umidade, densidade e concentração de fibras. Posteriormente, é cortado verticalmente e conduzido para um moinho de martelos, onde o material turfáceo é reduzido para fragmentos com menos de 1 cm, o qual é submetido a um novo processo de peneiramento.

##### **12.2.1.2. Secagem**

Neste processo a turfa homogeneizada é conduzida por tubos secadores verticais e impulsionada por ventiladores por meio de secadores que funcionam, primeiramente, a base de água quente (65°C), e, a seguir, a vapor

d'água (100°C). A energia requerida para o funcionamento desses secadores provém da queima de partes fibrosas da própria turfa, retidas durante as fases de peneiramento. Quando seca, com aproximadamente 12% de umidade, a turfa é separada por ciclones e encaminhada para compactação.

A turfa pré-compactada é submetida a uma prensagem final, onde são utilizadas prensas mecânicas ou hidráulicas, cujas pressões são da ordem de 700 a 1000 Kgf, resultando em briquetes de 1000 Kg/m<sup>3</sup> de densidade, com elevado poder calorífico, conforme mostra a Figura 12.3.



**Figura 12.3** - Turfa prensada (Fonte: iSTOCK, 2017).

##### **12.2.2. Carbonização úmida**

Este processo de beneficiamento inclui basicamente o aquecimento da turfa com elevado teor de umidade a temperaturas entre 150°C e 650°C, por uma hora, de modo a romper os coloides e abrir microporos, visando a remoção de até 90% da água contida na substância. Terminados esses processos, a turfa é considerada apta para as suas aplicações diversas e disponibilizada para o mercado consumidor.

Salienta-se que os principais usuários da turfa no Brasil são as indústrias siderúrgicas da Região Sudeste do país, e o setor agrícola. No mundo, os países que mais consomem turfa são os de clima frio, detentores das maiores reservas mundiais, entre eles a Finlândia, Suécia e Canadá, que a utilizam de uma forma bastante diversificada, que inclui até a construção civil e a indústria têxtil.

## 13. ANÁLISE ECONÔMICA

Um ponto positivo demonstrado pela modelagem geológica foi a confirmação da reduzida, muitas vezes ausente, camada de capeamento estéril dos depósitos de turfa, fato altamente auspicioso para estudos de viabilidade econômica para aproveitamento das turfeiras.

Em visita de campo às áreas protocolizadas para o SGB/CPRM em agosto de 2017 (Figuras 13.1 e 13.2), foi possível constatar a forte presença de atividades da Petrobras na região, ressaltando que a sua boa infraestrutura viária se dá, muito provavelmente, pela presença da petroleira. As áreas pertencentes ao SGB/CPRM são de fácil acesso, sendo evidenciadas atividades agropastoris em seus domínios.

A análise econômica embute a preocupação de garantir aos potenciais interessados na exploração das turfas uma atividade segura de exploração da substância, numa área pontuada de instalações ligadas à extração de petróleo e gás, que inclui a presença de tubulações enterradas. Neste sentido, um fator de risco de acidente envolvendo alguma dessas estruturas deve ser considerado, decorrente da atividade de lavra, principalmente em função do uso de maquinário pesado. Essa análise deve levar também em conta o aumento do trânsito de veículos leves e pesados numa região com essas características.

São apresentados dois cenários que permitem chegar a uma previsão de valor dos ativos de turfa do SGB/CPRM, sendo tomados como base para essa análise os dados apresentados na Tabela 11.3.

No primeiro cenário, a valoração monetária do potencial produtivo das quatro turfeiras considera os seguintes parâmetros: densidade média da turfa em 0,09, fator de lavra de 90%, fator de recuperação de lavra de 50% e redução da umidade da turfa a 10%, sendo o resultado do estudo apresentado Tabela 13.1.

Na Tabela, pode-se observar que, após a redução da umidade da turfa para algo em torno dos 10%, teríamos uma massa de turfa da ordem de 700 mil toneladas que, aplicando o valor atual de mercado, estimado em torno de 150 reais/tonelada, poderia gerar um valor de venda em torno de 100 milhões de reais.

O segundo cenário buscou a equivalência da massa de turfa disponível para lavra em barris de petróleo. Para tanto, foram utilizados os mesmos índices de lavra e recuperação do primeiro cenário, além de um índice adimensional gerado a partir da divisão do poder calorífero da turfa pelo poder calorífero do petróleo (10.500 cal/g). Esse índice foi utilizado como multiplicador da tonelagem corrigida dos depósitos para se obter a tonelagem de petróleo equivalente.



**Figura 13.1** - Imagem de uma área de turfa com canal de drenagem na região dos processos do SGB/CPRM (Foto: Angeval Alves de Brito).

Para conversão em barris de petróleo equivalente, por sua vez, utilizou-se a relação de uma tonelada de petróleo para 7,48 barris. Os valores obtidos dessa conversão são apresentados na Tabela 13.2, onde pode ser verificado que o potencial global dos depósitos de turfa gira em torno de 22,5 milhões de barris de petróleo.

Por fim, é importante reforçar que essa análise econômica é por demais preliminar e que seriam necessários maiores detalhes sobre índices de mercado, assim como das características da turfa, a fim de se chegar a números mais precisos. Entende-se que os dois cenários apresentados servem para determinar um norte para ações futuras, que visem o aproveitamento comercial das turfeiras.



**Figura 13.2** - Imagem de outra área de turfa do SGB/CPRM, com porções alagadas com ocorrências de turfa (ao fundo), tendo em primeiro plano depósitos arenosos ligados a terraços marinhos (Foto: Angeval Alves de Brito).

**Tabela 13.1** - Avaliação preliminar do potencial financeiro do depósito (cenário 1).

TURFEIRA	PODER CALORÍFICO (cal/g)	DENSIDADE (DRY BULK DENSITY)	TONELAGEM (t)	FATOR ÁREA LAVRÁVEL (90%)	RECUPERAÇÃO DE LAVRA (50%) (t)	MASSA FINAL DE TURFA APÓS REDUÇÃO DA UMIDADE A 10 (t)
Córrego Grande do Meio	5.358	0,08	5.257.600	4.731.840	2.365.920	262.880
Barra Seca	4.100	0,10	2.443.083	2.198.775	1.099.387	122.154
Sutar	5.114	0,10	4.266.275	3.839.648	1.919.824	213.314
Rio Doce	4.674	0,11	2.240.413	2.016.372	1.008.186	112.021
TOTAL	5.001	0,09	14.207.371	12.786.634	6.393.317	710.368

**Tabela 13.2** - Avaliação preliminar do potencial financeiro do depósito (cenário 2).

TURFEIRA	TONELAGEM (t)	FATOR ÁREA LAVRÁVEL (90%)	RECUPERAÇÃO DE LAVRA (50%) (t)	RELAÇÃO (cal/g) TURFA/PETRÓLEO	PETRÓLEO (t)	BARRIS DE PETRÓLEO (UNIDADES)
Córrego Grande do Meio	5.257.600	4.731.840	2.365.920	0,510	1.207.295	9.030.568
Barra Seca	2.443.083	2.198.775	1.099.387	0,390	429.285	3.211.049
Sutar	4.266.275	3.839.648	1.919.824	0,487	935.046	6.994.141
Rio Doce	2.240.413	2.016.372	1.008.186	0,445	448.787	3.356.925
TOTAL	14.207.371	12.786.634	6.393.317	0,476	3.020.412	22.592.682

## 14. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

O objetivo desta análise é retratar, a partir de um levantamento preliminar, a situação socioambiental da região onde se inserem as áreas de pesquisa para turfa do SGB/CPRM, de modo a identificar os espaços territoriais protegidos, com regime restritivo de uso dos recursos naturais ou que possam gerar conflitos de uso do solo nas áreas analisadas. A identificação dos espaços é essencial para a tomada de decisão sobre a exploração dos depósitos de turfa, pois são consultados para a aprovação ou para o indeferimento dos empreendimentos mineiros por parte dos órgãos ambientais. Como se trata apenas de uma avaliação de caráter informativo muito superficial, a metodologia adotada para o diagnóstico é distinta daquelas estabelecidas para os estudos que visam à obtenção de licenças ambientais, que são mais abrangentes.

Para a abordagem aqui exposta, foram consultadas informações constantes nos relatórios de pesquisa do SGB/CPRM, do projeto Geodiversidade do Estado do Espírito Santo (CPRM, 2014), daqueles obtidos junto ao órgão ambiental estadual (IEMA) e do IBGE, assim como o levantamento da legislação correlata, que regula o uso e ocupação do solo e a política ambiental relativa às esferas federal, estadual e municipal.

A metodologia de trabalho incluiu, além do levantamento do acervo de informações, a elaboração de mapas de apoio às atividades de campo tendo como base imagens de satélite, onde foram inseridas as áreas dos processos ativos do SGB/CPRM e os limites dos municípios.

Numa segunda etapa, foi realizado um reconhecimento de campo nas áreas daqueles processos e de seu entorno, cujo caminhamento realizado é apresentado na Figura 14.1. Nessa visita à região, além do reconhecimento geral das características físicas e bióticas, levantou-se de forma expedita o uso e ocupação do solo na área. Precedeu esse reconhecimento de campo, o levantamento de dados socioeconômicos sobre a região junto ao IBGE e ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

Na composição do diagnóstico ambiental consideraram-se as áreas registradas na Agência Nacional de Mineração (ANM) antigo Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), como áreas de enfoque para aspectos dos meios físico e biótico (área de influência direta para possível empreendimento de mineração). Para os aspectos socioeconômicos, a abordagem envolveu os municípios onde estão inseridas as áreas de pesquisa do

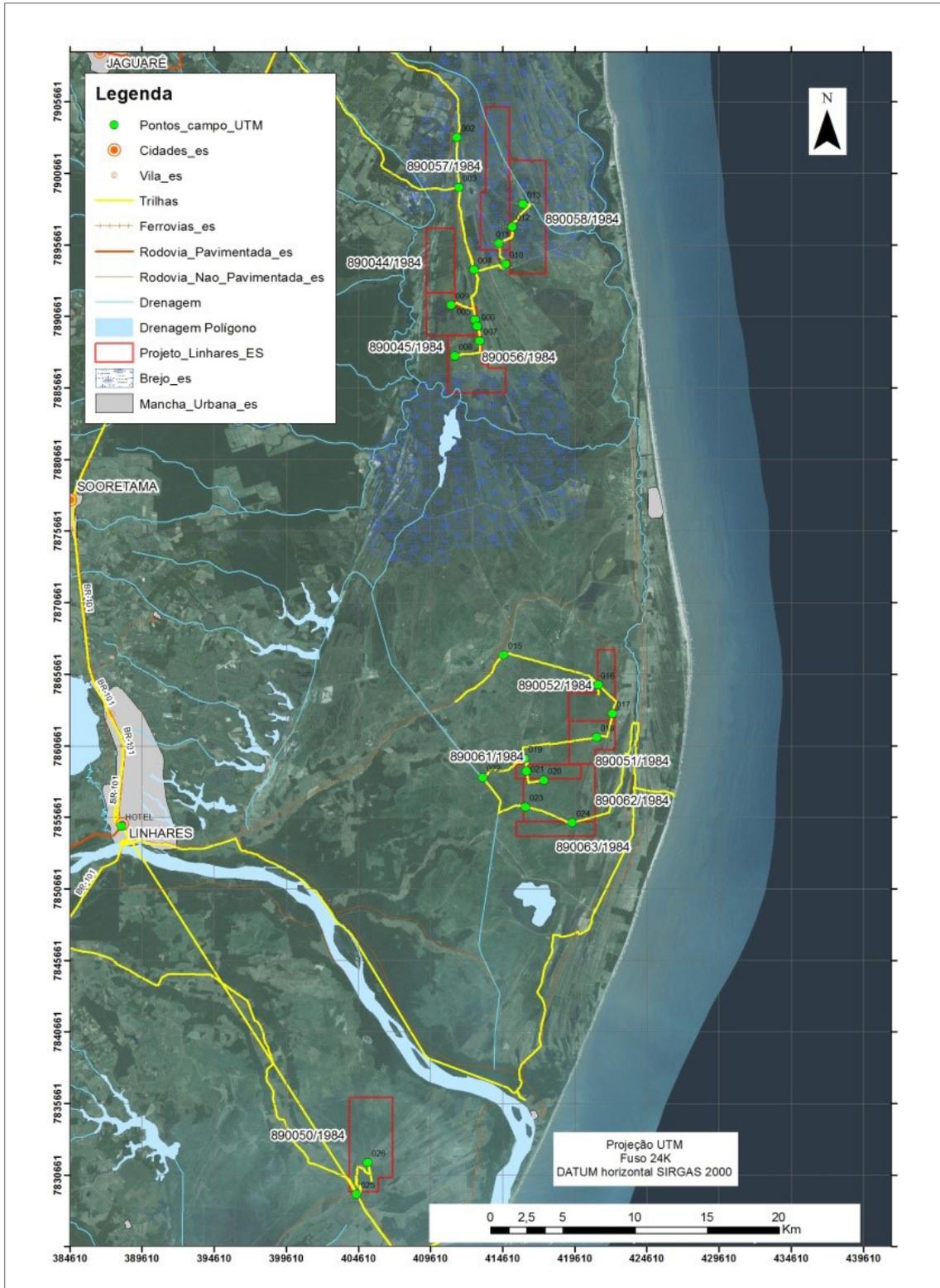
SGB/CPRM, bem como os limites da bacia hidrográfica do Rio Doce, especificamente seu baixo curso. Alguns aspectos ambientais foram extraídos de informações externas às áreas de pesquisa, por ausência de dados nos seus perímetros.

Foram elaborados mapas temáticos contemplando as unidades de conservação cadastradas nos sistemas estadual ou federal de unidades de conservação (SEUC e SNUC, respectivamente) e suas áreas de amortecimento ou entorno; zonas da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA); áreas com potencial para sítios arqueológicos e paleontológicos; áreas de regularização fundiária (assentamentos), assim como a identificação das regiões com presença de comunidades quilombolas e indígenas.

### 14.1. RECURSOS HÍDRICOS

As áreas de pesquisa para turfas do SGB/CPRM encontram-se inseridas na influência da macrobacia hidrográfica do Rio Doce, notadamente em seu baixo curso. A área dessa bacia de drenagem possui 86.715 km<sup>2</sup>, dos quais 86% estão em Minas Gerais e 14% no Espírito Santo (ANA, 2013), estando as poligonais de pesquisa do SGB/CPRM localizadas na jurisdição de três comitês estaduais de gestão dessa bacia hidrográfica (CBHs), que são os CBH São Mateus, CBH Barra Seca e Foz do Rio Doce e CBH Litoral Centro Norte.

O CBH Barra Seca e Foz do Rio Doce, como o próprio nome indica, é responsável pela gestão da Bacia do Rio Barra Seca, englobando ainda a foz do Rio Doce. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 4.296 km<sup>2</sup> e abrange parcialmente sete municípios capixabas: Jaguaré, Linhares, Nova Venécia, São Gabriel da Palha, São Mateus, Sooretama e Vila Valério. A área de abrangência da CBH São Mateus, por sua vez, que cuida da gestão da bacia do rio homônimo, é de aproximadamente 8.237 km<sup>2</sup>, abrangendo total ou parcialmente os municípios de Água Doce do Norte, Água Branca, Barra de São Francisco, Boa Esperança, Conceição da Barra, Ecooporanga, Jaguaré, Linhares, Mantenedópolis, Murici, Nova Venécia, Pinheiros, Ponto Belo, São Gabriel da Palha, São Mateus e Vila Pavão. Por fim, a CBH Litoral Centro-Norte, que responde pela gestão por parte da macrobacia do Rio Doce na abrangência de sete municípios capixabas: Aracruz e Fundão, além de parte dos municípios de Ibraçu, João Neiva, Linhares, Santa Leopoldina e Santa Teresa.



**Figura 14.1** - Caminhamento de campo (amarelo) e pontos vistoriados na região dos blocos de pesquisa de turfa do SGB/CPRM (Elaboração: Fábio Lima Noronha).

Essa CBH possui uma área de drenagem de aproximadamente 3.100 km<sup>2</sup>.

Conforme os dados levantados, os principais destinos da água superficial disponibilizada pela macrobacia do Rio Doce, considerando o volume anual despendido, é para

irrigação, com 51% do total, seguido pelo abastecimento urbano, com 22%, e o uso industrial, que consome 17% de água demandada. A utilização da água para dessedentação animal e abastecimento rural respondem, respectivamente, por 7% e 4% do volume total disponibilizado.

De acordo com relatório executivo publicado pelo Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – PIRH Doce (Agência Nacional de Águas-ANA, 2013), tomando como padrão de qualidade das águas superficiais a Classe 2, constante na resolução do Conama nº 357/2005 (Tabela 14.1), parâmetros prioritários da Bacia do Rio Doce apresentam violações em relação ao padrão, que chegam a ser superiores a 20%. É ressaltado que em praticamente todos os pontos de amostragem de água na Bacia do Rio Doce ocorreram problemas com coliformes e parâmetros relativos à cor e à turbidez, além da presença de compostos tóxicos associados ao uso agrícola e à erosão do solo. Na avaliação, foram consideradas campanhas de amostragem trimestral a semestral, com dados relativos ao período de 1997 a 2008. Os parâmetros considerados foram: coliformes, fósforo, turbidez e DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Ainda segundo o mesmo documento, o PIRH Doce tem como meta o aumento da qualidade da água em até 20 anos (ou no ano de 2030). A perspectiva é a de que as águas superficiais da Bacia do Rio Doce terão qualidade da água compatível ou melhor do que a classe 2 em toda a sua extensão, considerando-se indicadores como o DBO, OD (oxigênio dissolvido), pH, temperatura, cor, turbidez, coliformes fecais ou totais e fósforo.

De acordo com o mapa de Domínios Hidrogeológicos do Brasil na escala 1:2.500.000 (Figura 14.2) (BOMFIM, 2006), as áreas de pesquisa de turfa sobrepõem unidades granulares dos depósitos litorâneos (QI), que têm grande expressão de ocorrência junto à foz do Rio Doce.

Trata-se de um aquífero poroso, livre e descontínuo hidráulicamente, com espessura média de 20 metros. De acordo com a classificação adotada no referido mapeamento, o subdomínio possui produtividade muito baixa a baixa.

## 14.2. ECOSSISTEMAS E BIODIVERSIDADE

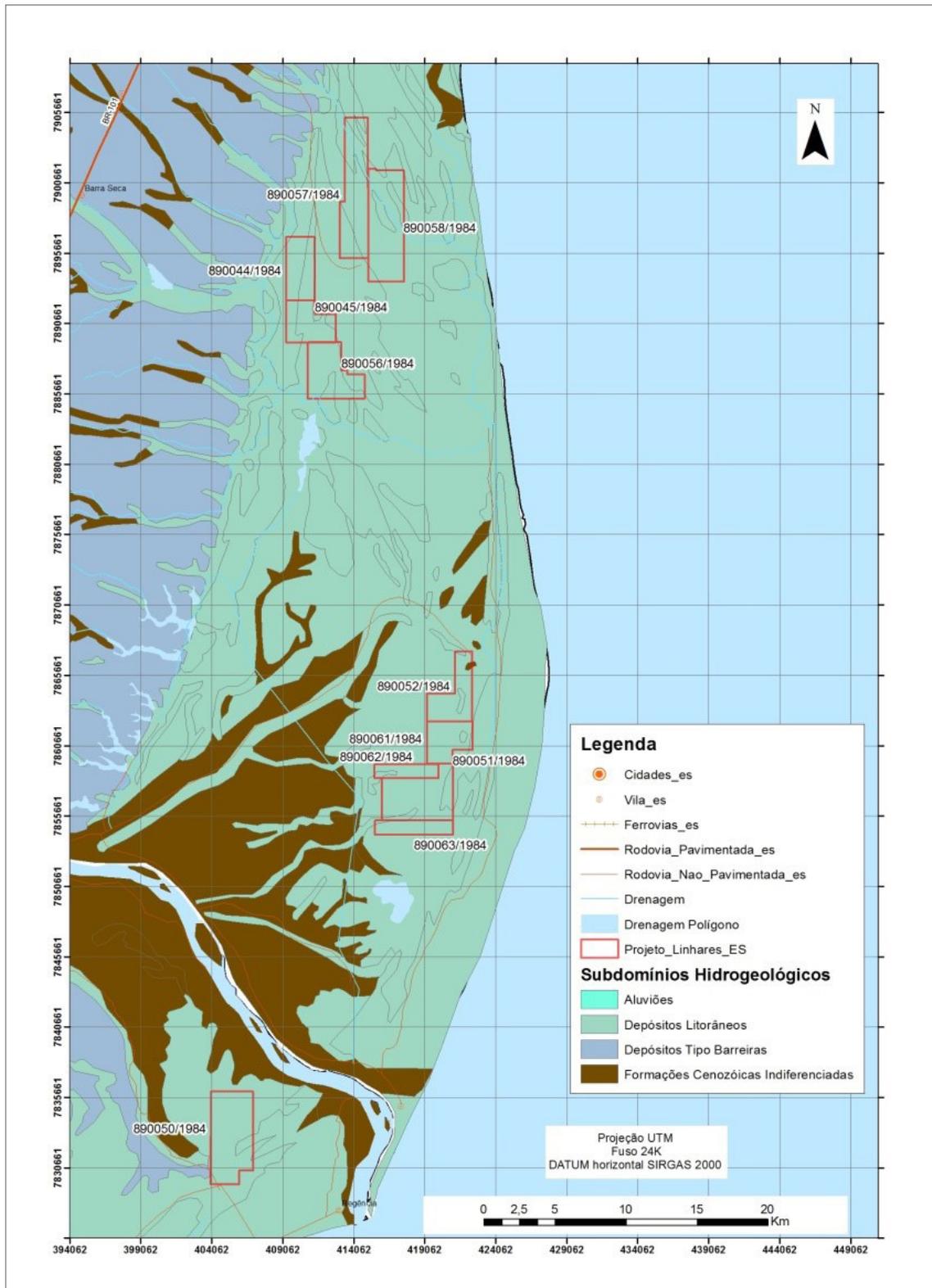
A Bacia do Rio Doce tem 98% da sua área dentro do bioma brasileiro denominado Mata Atlântica, com os 2% restantes associada ao bioma Cerrado, limitado ao estado de Minas Gerais.

A Mata Atlântica compreende uma cobertura florestal que se estende de forma contínua, recobrando, basicamente, áreas montanhosas litorâneas, do Sul até a Região Nordeste do país. Inclui ainda o leste do Paraguai e a província de Misiones, na Argentina. Além de ser um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta, o bioma Mata Atlântica é considerado um dos mais importantes e também um dos mais ameaçados do mundo (IPEMA, 2005 *apud* ANA, 2013).

Dois regiões fitoecológicas são identificadas junto às áreas de pesquisa para turfa, que são a “Floresta Ombrófila Densa” e as denominadas “Formações Pioneiras”. É importante ressaltar, que uma “região fitoecológica” compreende um espaço definido por uma florística de gêneros típicos e de formas biológicas características que se repetem dentro de um mesmo clima, podendo ocorrer em terrenos de litologia variada, mas com relevo bem marcado (IBGE, 2012).

**Tabela 14.1** - Classe de enquadramento das águas de acordo com a resolução do Conama nº 357/2005.

CLASSE	USOS
Águas Doces	
Especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção
Classe 1	Abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).
Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário; Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. Aqüicultura.
Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Dessedentação de animais.
Classe 4	Navegação; Harmonia paisagística.
Águas Salobras	
Classe 1	Recreação de contato primário; Proteção das comunidades aquáticas; Aqüicultura e pesca.
Classe 2	Pesca amadora; Recreação de contato secundário.



**Figura 14.2** - Mapa de subdomínios hidrogeológicos do Brasil na região dos depósitos de turfa do SGB/CPRM.  
 Fonte: Extraído de BOMFIM, 2006.

A Floresta Ombrófila Densa, termo criado por Ellenberg e Mueller-Dombois (1967 *in* IBGE, 2012), em substituição a “Floresta Pluvial”, ambos com o mesmo significado, “amigo das chuvas”, é caracterizada por uma vegetação fanerófita - subformas de vida macro e

mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, que a diferencia das outras classes de formações. Sua principal característica ecológica reside nos ambientes ombrófilos, que marcam muito a região florística florestal.

Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período seco.

A região fitoecológica identificada como “Formações Pioneiras” trata de uma classe de vegetação de primeira ocupação com caráter edáfico, que ocupa terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de areias marinhas nas praias e restingas, as aluviões fluviomarinhas nas

embocaduras dos rios e os solos ribeirinhos aluviais e lacustres. São as formações consideradas como pertencentes ao chamado “complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação”.

### 14.3. USO DO SOLO

Conforme pode ser observado na Figura 14.3, a região onde estão localizados os depósitos de turfa está próxima a vastas áreas de florestas preservadas, que constituem verdadeiros corredores ecológicos do bioma Mata Atlântica.

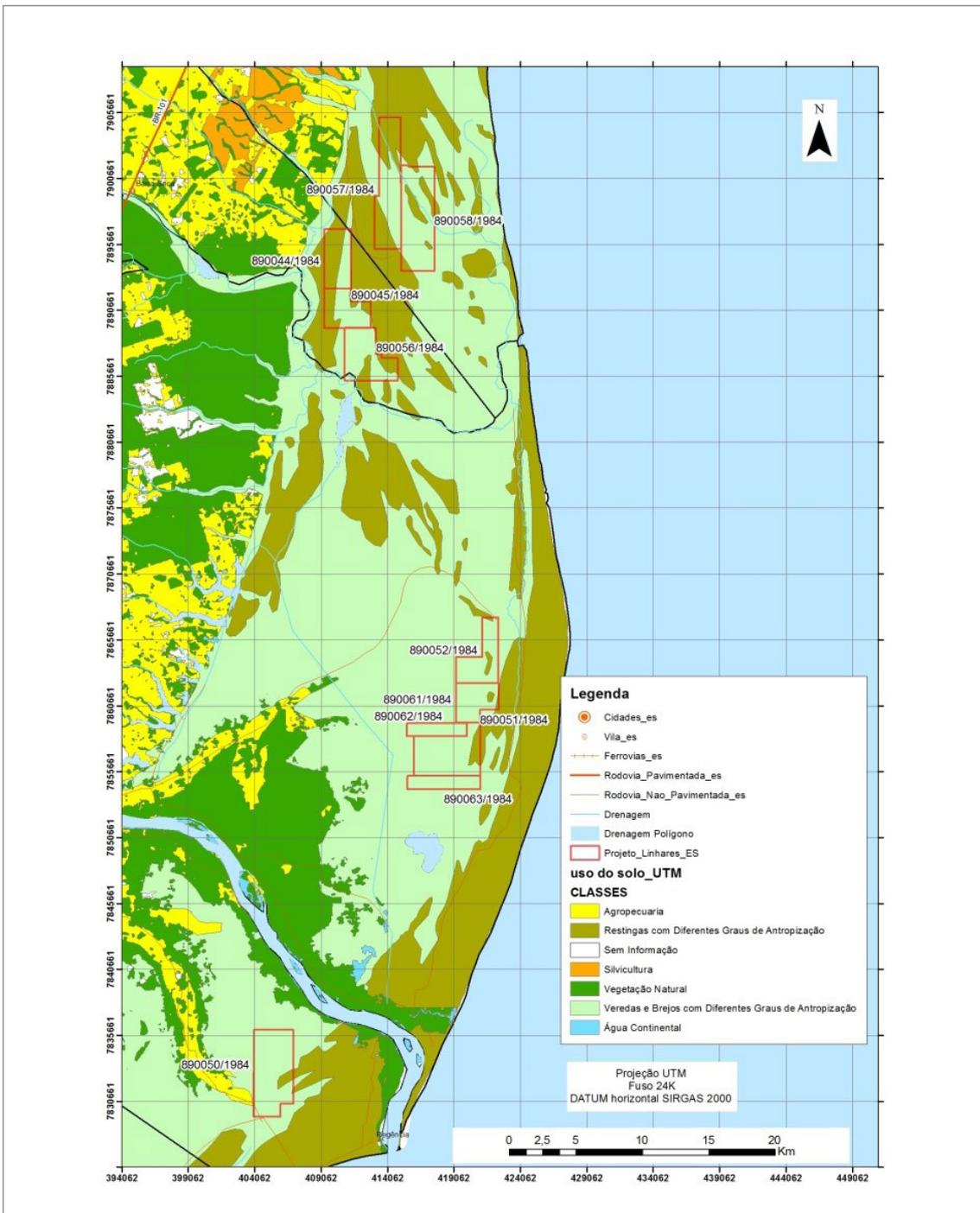


Figura 14.3 - Mapa de uso do solo no contexto das áreas de pesquisa do SGB/CPRM (Projeto Turfa Linhares).

A vocação do uso antrópico é dominada por atividades agrosilvopastoris, destacando-se o cultivo do café, sobretudo nos tabuleiros do Grupo Barreiras, e pela pecuária bovina extensiva. Já as restingas e áreas úmidas, abrangidas pelos polígonos do SGB/CPRM, possuem diferentes graus de antropização, tendo sido constatada a sua utilização como áreas de pastoreio de gado, que, muitos locais, estão entrecortadas por diversos valos de drenagem para secagem dos terrenos visando essa finalidade (Figura 14.4).

Como já enfatizado inicialmente, próximos às poligonais, inclusive dentro dos limites de algumas delas, foram constatadas a presença de estruturas de campos de produção terrestre de óleo e gás, além de terminais e dutos de distribuição pertencentes à Petrobras (Figura 14.5).

De acordo com as informações levantadas, o óleo produzido nesses campos é conduzido até o Terminal Aquaviário Norte Capixaba, no município de São Mateus, onde é escoado por navios atracados em monobóia.



**Figura 14.4** - Valos de drenagem em planície fluviomarina construídos para drenar brejos e permitir o pastoreio de gado. (UTM: 413022m E; 7888957m N) (Foto: Fábio Lima Noronha).



**Figura 14.5** - Unidades de bombeamento em campo de produção da Petrobras (UTM: 417560m E; 7860711m N) (Foto: Fábio Lima Noronha).

No município de Linhares encontra-se a unidade de tratamento de gás de Cacimbas – UTGC (Figura 14.6), de onde partem dois gasodutos: o de Cacimbas-Vitória, com uma extensão de 130 km, ligando à UTGC a estação do Terminal Intermodal de Serra (TIMS), no município de Serra, e o Cacimbas-Catu (Gascac), que se estende por 954 km até a estação de distribuição de gás (EDG) de Catu, na Bahia.

### 14.3.1. Considerações sobre as poligonais pesquisadas

A seguir, são elencados aspectos das áreas relativas aos processos minerários do SGB/CPRM, onde estão localizados os depósitos de turfa de Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Sutar e Rio Doce, levantados durante os trabalhos de reconhecimento de campo.

Como já abordado no subitem 5.3, as características fisiográficas da região dos depósitos de turfa do SGB/CPRM estão associadas a um modelado de relevo de planície costeira, que sucede aos tabuleiros do Grupo Barreiras em direção à linha de costa. A planície costeira é formada por terraços marinhos, compostos por paleoplanícies pleistocênicas na retaguarda de atuais cordões litorâneos, depósitos fluviomarinhas e fluviais. Os terraços marinhos, que constituem plataformas de abrasão acima do nível do mar, são basicamente arenosos, bem drenados e não inundáveis, constituindo sítios onde se desenvolve ecossistemas de restinga. Já as planícies fluviomarinhas, de natureza argiloarenosa e argilosa, marcam terrenos mal drenados e inundáveis, caracterizados pela presença de brejos e veredas. São os ambientes associados à formação de turfeiras.



**Figura 14.6** - Unidade de tratamento de gás de cacimbas (UTCG) no município de Linhares, localizada a 6 km ao sul do polígono 890063/1984 (UTM: 420136m E; 7848160m N) (Foto: Fábio Lima Noronha).

#### DEPÓSITO CÓRREGO GRANDE DO MEIO (PROCESSOS NºS 890.057/1984 e 890.058/1984)

Na área do depósito, observa-se sua utilização de forma extensiva pela pecuária, com as áreas de pastoreio localizadas sobre cordões e terraços arenosos (Figura 14.7), assim como em áreas de brejos e veredas, onde foram constatados diversos valos de drenagem construídos para o seu esgotamento e permitir a utilização para pastagens do gado. A área apresenta poucos fragmentos de mata nativa e presença localizada de buritis onde o lençol freático é mais raso.

As estradas de acesso vicinais, como regra geral para as demais poligonais, encontram-se em boas condições de tráfego e apresentam frequentes placas de sinalização da Petrobras, indicando a presença de estruturas enterradas ligadas a dutos de óleo e gás (Figura 14.8), sendo ainda anotados campos de produção terrestre de petróleo.



**Figura 14.7** - Interface entre brejos e terraços arenosos onde se desenvolve a atividade de pecuária extensiva (Foto: Fábio Lima Noronha).



**Figura 14.8** - Estradas vicinais em boas condições de tráfego. Na margem da via, placa de sinalização de estruturas enterradas da Petrobras (Foto: Fábio Lima Noronha).

Nas porções sudeste do polígono 890057/1984 e centro-sul do 890058/1984, constatou-se a operação de um grande campo de produção de petróleo da Petrobras, sendo contabilizada a presença de 63 unidades de bombeamento (cavalo mecânico) no interior das poligonais, conforme pode observado na imagem de satélite da Figura 14.9. Próximo aos limites meridionais das mesmas, por sua vez, está implantada uma pequena refinaria da Petrobras, identificada como UM-ES Fazenda Cedro.

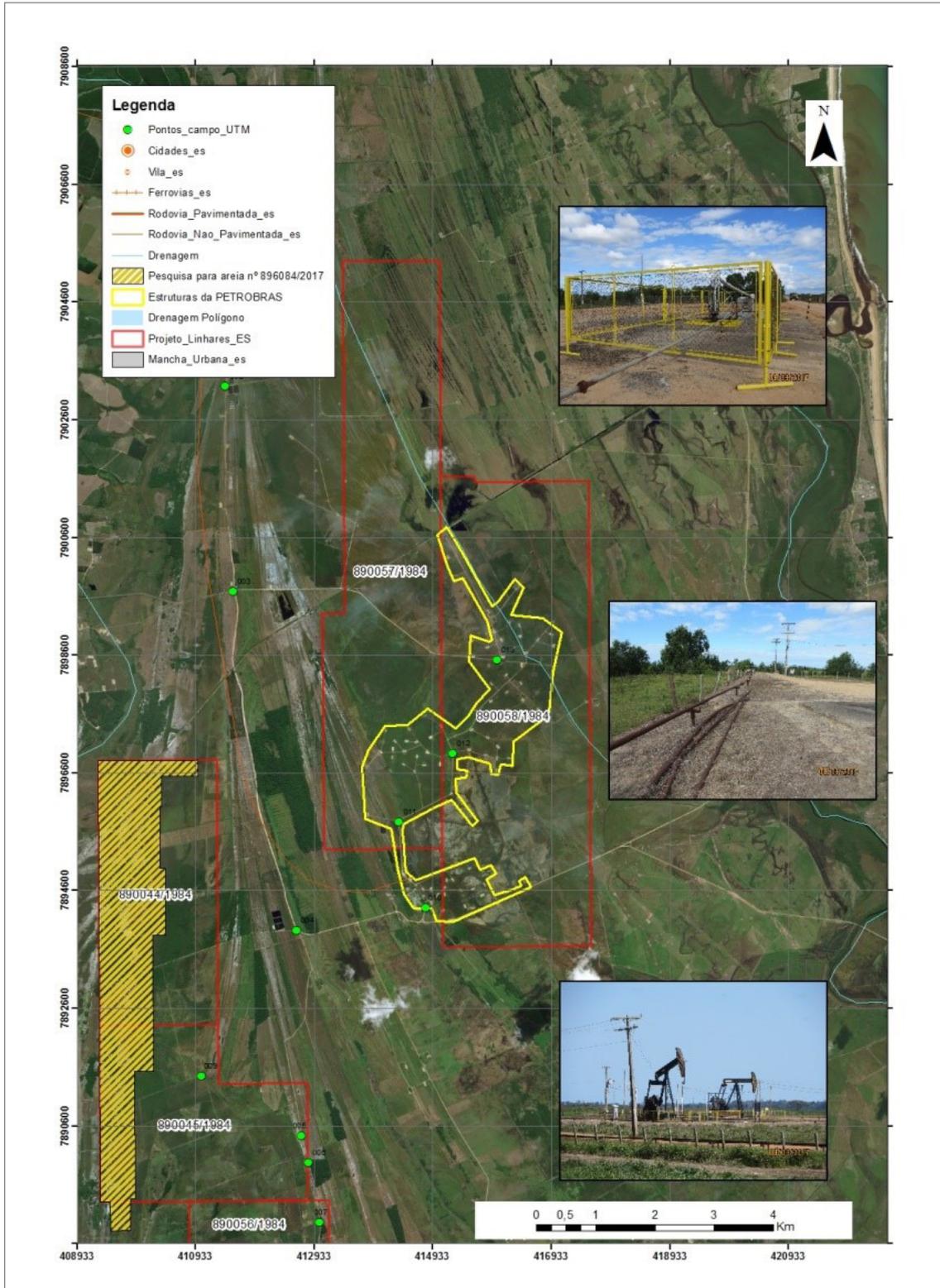
#### DEPÓSITO BARRA SECA (PROCESSOS NºS 890.044/1984, 890.045/1984 e 890.056/1984)

Nos terraços marinhos da planície costeira foram identificadas algumas cavas de extração de areia que, segundo relato dos fazendeiros locais, seriam destinadas ao capeamento das estradas vicinais para sua manutenção (Figura 14.10). De resto, como registrado nas poligonais do Depósito Córrego Grande do Meio, as áreas de pesquisa pertinentes ao Depósito Barra Seca também têm sido utilizadas como pastagem para gado, assim como as áreas de brejos e veredas, drenadas para este fim (Figura 14.11). Como no Depósito Córrego Grande do Meio, existem apenas núcleos reliquias de mata nativa, destacando-se de forma isolada, buritizais em locais alagados onde o lençol freático está mais próximo da superfície.

Em áreas adjacentes aos limites ocidentais dos polígonos 890.044/1984 e 890.045/1984, onde predominam cordões arenosos marinhos, estão protocolizadas, em nome da empresa Mega Mina Mineração Ltda. Me, requerimento de pesquisa para areia relativo ao processo nº 896.084/2017. No entanto, não foi constatada nenhuma operação de lavra ou pesquisa para areia no local.

#### DEPÓSITO SUTAR (PROCESSOS NºS 890051/1984, 890.052/1984, 890.061/1984, 890.062/1984 e 890063/1984).

Como habitualmente tem sido observado, nas áreas do Depósito Sutar, a atividade antrópica também está marcada pela pecuária extensiva, desenvolvida sobre os cordões e terraços arenosos, assim como sobre a planície fluviomarina, onde estão localizados trechos alagados formados por brejos e veredas. A antropização nas poligonais em pauta é mais intensa quando comparada às áreas dos blocos descritos anteriormente, com a presença de grande quantidade de valos para escoamento de águas, visando à formação de pastagens para gado (Figuras 14.12 e 14.13). A mata nativa resume-se a poucos núcleos reliquias.



**Figura 14.9** - Campos de produção de óleo da Petrobras (circunscrito em amarelo) nas áreas de pesquisa do SGB/CPRM (Elaboração: Fábio Lima Noronha).

A 1 km, aproximadamente, a oeste das poligonais 890.051/1984 e 890.052/1984, existe um campo de produção de óleo da Petrobras formado por uma malha com várias unidades de bombeamento (cavalo mecânico), assim como no interior do polígono 890.061/1984.

No limite sudeste do polígono 890.052/1984, foi constatada a existência de uma jazida de areia com uma placa com a logomarca da Petrobras, a qual identifica o empreendimento como Jazida Martins Carapina, atrelada ao processo DNPM 996.222/2012 (Figura 14.14).



**Figura 14.10** - Cava de extração de areia utilizada na manutenção de estradas vicinais (Foto: Fábio Lima Noronha).



**Figura 14.13** - Valo de drenagem em áreas alagadas na região do depósito Surtar (Foto: Fabio Lima Noronha).



**Figura 14.11** - Valos escavados para drenagem de brejos visando sua utilização como campos de pastagens (Foto: Fábio Lima Noronha).



**Figura 14.12** - Pecuária sobre veredas e terraços arenosos no Bloco Sutar (Foto: Fabio Lima Noronha).

#### DEPÓSITO RIO DOCE (PROCESSO Nº 890.050/1984)

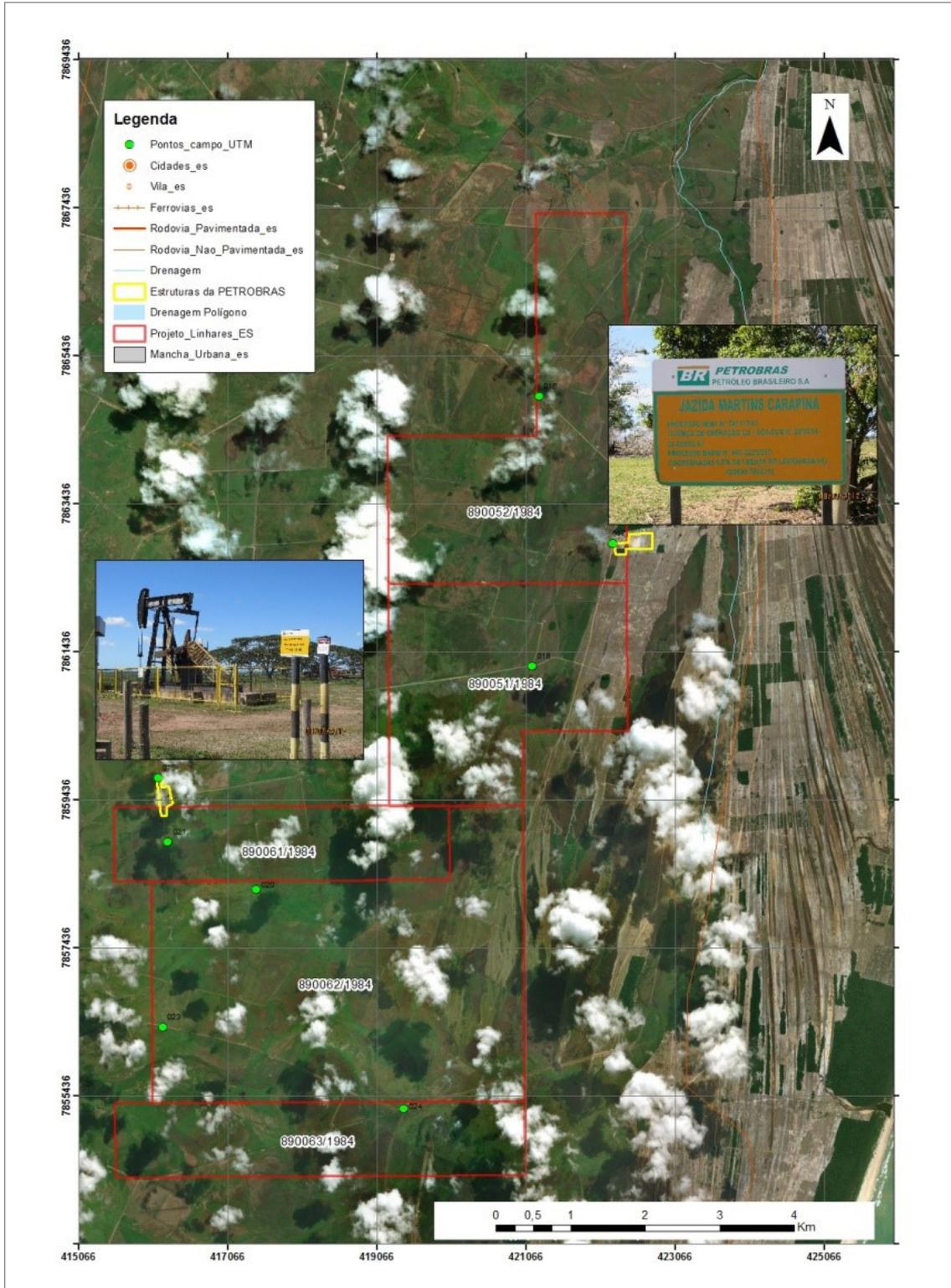
Repete-se na área da poligonal do Depósito Rio Doce o que vem sendo registrado nas áreas dos outros depósitos, que é sua exploração para formação de pastagens para gado, tanto sobre os cordões e terraços arenosos (Figura 14.15), como em áreas de brejo e veredas, que também apresentam alguns valões para escoamento das águas, mas em intensidade menor, com vários sítios preservados da intervenção antrópica (Figura 14.16).

Também foi registrada a presença de estruturas da Petrobras enterradas, ligadas à exploração de óleo e gás, conforme sinalizam placas espalhadas em vários pontos das estradas de acesso às poligonais do SGB/CPRM.

#### 14.4. ESPAÇOS TERRITORIAIS PROTEGIDOS OU RESTRITIVOS

Os espaços territoriais protegidos, com regime restritivo de uso dos recursos naturais ou que possam gerar conflitos de uso do solo nas áreas analisadas, contemplam: (i) as unidades de conservação cadastradas nos sistema estadual ou federal (SEUC e SNUC, respectivamente), e suas áreas de amortecimento ou entorno; (ii) as zonas da reserva da biosfera da Mata Atlântica; (iii) as Áreas de Preservação Permanente (APPs); (iv) as áreas com potencial para sítios arqueológicos e paleontológicos e; (v) as áreas de regularização fundiária (assentamentos), nas quais estão identificadas regiões com presença de comunidades quilombolas e indígenas.

Nos subitens a seguir, são apresentadas particularidades relativas a cada um desses espaços com proteção ou restrição.



**Figura 14.14** - Estruturas ligadas a produção de óleo e gás da Petrobras nas áreas de pesquisa do SGB/CPRM (Elaboração: Fábio Lima Noronha).

#### 14.4.1. Áreas de preservação permanente (APPs)

Na identificação das APPs, no âmbito das áreas de pesquisa do SGB/CPRM, é importante frisar que não foi executado um inventário ou cadastramento das mesmas, mas a atividade estaria compatível com os estudos para

o licenciamento ambiental. Entretanto, busca-se aqui apontar, de forma preliminar e genérica, a existência dessas áreas nas bases cartográficas consultadas. Legalmente, o conceito de APP está definido no atual Código Florestal - Lei 12.651, BRASIL (2012), no Art. 3º, inciso II, que diz:

"Área de Preservação Permanente (APP) é uma 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."

Por esta definição, entende-se que essa proteção atinge diretamente as áreas de pesquisa que continuará sendo APP mesmo que sofra algum tipo de impacto ambiental.

De acordo com o novo Código Florestal, na área das poligonais de pesquisa foi identificada a presença das seguintes APPs:

*Vereda: a fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* – buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas.*

Sobre ela o Art 4º, inciso XI, estabelece: "em veredas deve ser respeitada a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado".

*Restinga: depósito arenoso paralelo à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, com cobertura vegetal em mosaico, encontrada em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado.*

Sobre essa APP, o Art 4º, inciso VI, estabelece: "as restingas como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues".

*Cursos d'água naturais: faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular.*



**Figura 14.15** - Pecuária desenvolvida em terraços arenosos na área do Depósito Rio Doce (Foto: Fábio Lima Noronha).



**Figura 14.16** - Áreas alagadas (veredas e brejos) preservadas da atividade antrópica na poligonal do Depósito Rio Doce (Foto: Fábio Lima Noronha).

Essa APP é regulamentada pelo Art 4º, inciso I: "as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, 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".

No geral, as APPs no interior das poligonais estão bastante antropizadas por atividades agrosilvopastoris. Nos poucos cursos d'água que cortam as áreas, a vegetação nativa ciliar é inexistente ou forma faixas descontínuas, que não passam de 5m de largura. Nas restingas e veredas são poucos os fragmentos de vegetação nativa, eventualmente marcada pela presença isolada de buriti, onde o nível do lençol freático é mais raso.

É importante salientar que as turfeiras, por estarem geneticamente ligadas às áreas úmidas, que inclui as veredas e brejos, assumem importância de áreas de preservação. Um relatório técnico da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1981) elenca alguns dos principais benefícios ambientais atreladas às turfeiras:

- Atenuação dos picos de descarga hidrológica e, portanto, reduzindo o potencial para inundações nos cursos d'água a jusante;
- Purificação das águas por filtração de sedimentos em suspensão e adsorção de nutrientes e metais pesados;

- Importância crítica para a sobrevivência de vegetais e fauna adaptada às condições de solos saturados;
- Constituem corredores ecológicos para a fauna;
- São habitats próprios para a reprodução de determinadas espécies da fauna;
- Possuem importância estética, educacional e científica.

#### 14.4.2. Unidades de conservação (UC)

De acordo com a Lei Federal nº 9.985/2000, 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 duas unidades de conservação: Unidade de Proteção Integral e Unidade de Uso Sustentável.

A Unidade de Proteção Integral tem como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Essa unidade abrange cinco categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional (ou Estadual e Municipal); Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre.

A Unidade de Uso Sustentável, por sua vez, visa compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Essa unidade inclui sete categorias de conservação: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional (ou Estadual e Municipal); Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O desenvolvimento da atividade de mineração é proibitivo nas áreas das unidades de proteção integral. Já em áreas de unidades de uso sustentável existe a possibilidade de a mineração ser compatibilizada em algumas situações, mediante avaliação do órgão gestor e desde que não fira os objetivos descritos no seu decreto de criação. Cabe destacar que é vedada a mineração nas áreas de unidades de uso sustentável pertencentes às categorias Reserva Extrativista (RESEX) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), estando, inclusive, esta restrição incorporada ao entendimento jurídico da ANM (Parecer PROGE nº 529/2009).

As áreas adjacentes de todas as unidades de conservação também possuem regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental, compreendendo as chamadas zonas de entorno e zonas de amortecimento. De acordo com a Resolução do Conama nº 428/2010, no interior das unidades de conservação e de suas zonas de amortecimento, o licenciamento ambiental para

atividades potencialmente causadoras de significativo impacto ao ambiente natural (como é o caso da mineração de turfa, por exemplo) só poderá ser concedido mediante autorização do órgão gestor. Nas unidades de conservação, cuja zona de amortecimento ainda não tenha sido definida por plano de manejo, a autorização do órgão gestor se faz obrigatória para todo o empreendimento que se localizar no interior de um *buffer* de 3 km de seus limites, condição não exigida para as RPPNs e áreas de proteção ambiental (APAs).

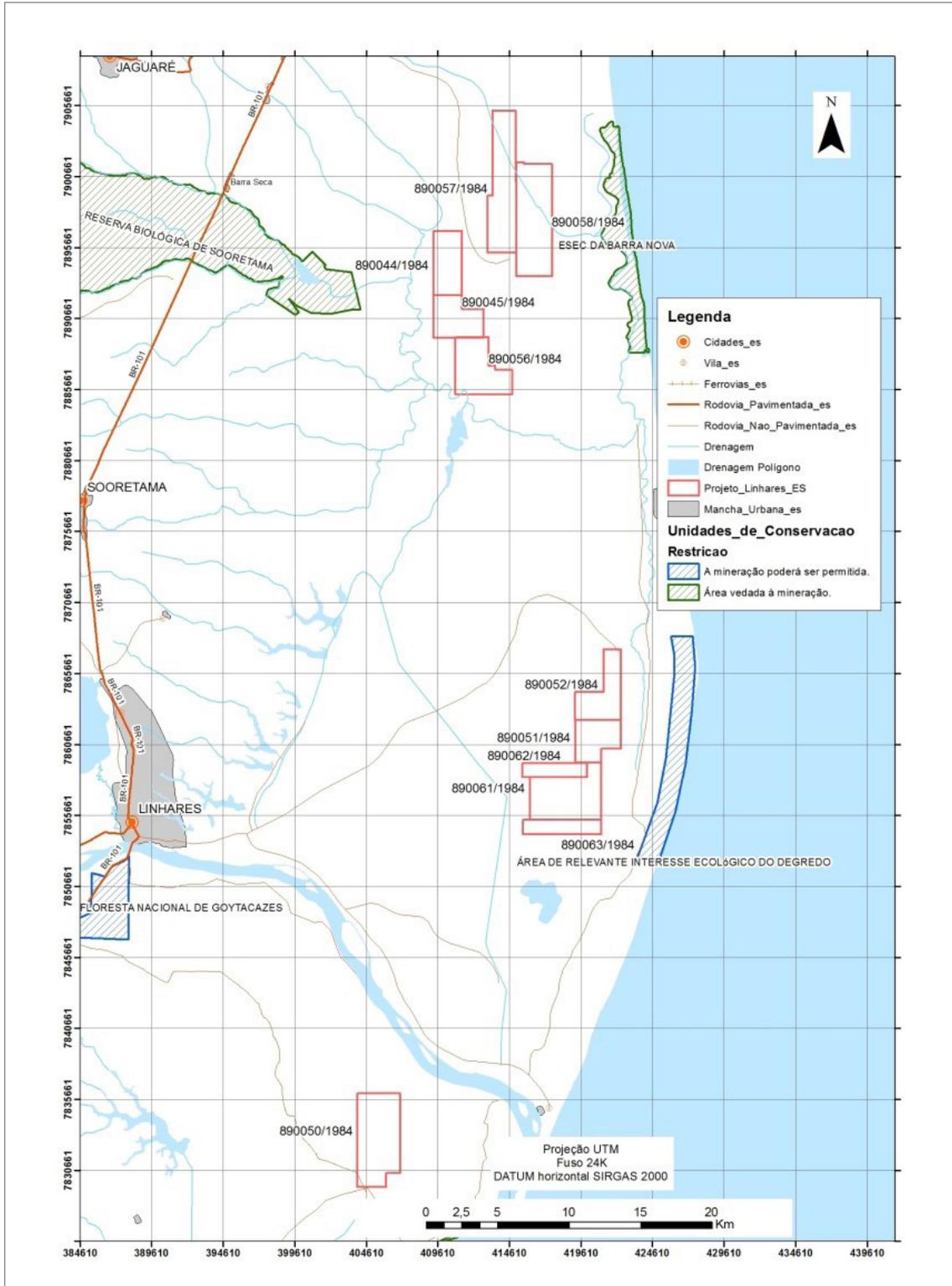
Conforme dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, obtidos junto ao Ministério do Meio Ambiente, as poligonais de pesquisa do SGB/CPRM não estão inseridas, mesmo que de forma parcial, em qualquer unidade de conservação ou de zonas de entorno com limites de 3 km (Figura 14.17).

#### 14.4.3. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA)

Reserva da Biosfera é o reconhecimento para as regiões que possuem recursos naturais raros, que devem ser utilizados de forma racional. Reconhecida pela UNESCO, a partir de 1971, pelo Programa MaB – *Man and Biosphere* (O Homem e a Biosfera), cada reserva é composta por áreas representativas dos diversos ecossistemas que caracterizam a região onde está inserida.

As Reservas da Biosfera são uma importante ferramenta para o ordenamento territorial, manejo da paisagem e conservação da biodiversidade. Com base no Sistema Nacional de Unidades de Conservação e nas diretrizes da UNESCO, o zoneamento da reserva contempla três zonas distintas:

- Zona Núcleo - é a zona de máxima restrição. São as unidades de conservação constituídas legalmente (como parques, reservas biológicas e estações ecológicas) e áreas de preservação permanente (encostas, topos de morro, margens de rios). As restrições estão estabelecidas de acordo com os instrumentos legais de sua criação. São proibidos o corte e a exploração da vegetação. As potencialidades dessas regiões são ecoturismo, educação ambiental e pesquisa científica naquelas unidades em que se admite tal uso. Devem ser respeitados os processos naturais e a vida silvestre. Há ocorrência de endemismos, espécies raras de importante valor genético e locais ou de uma paisagem excepcional;
- Zona de Amortecimento - também chamada de tampão, envolve as zonas núcleo e juntamente com estas, constitui as áreas tombadas. As atividades devem garantir a integridade das áreas de preservação e unidades de conservação. Na Zona de Amortecimento é proibido: (i) o corte e exploração das florestas primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração, localizadas em área de Mata Atlântica;



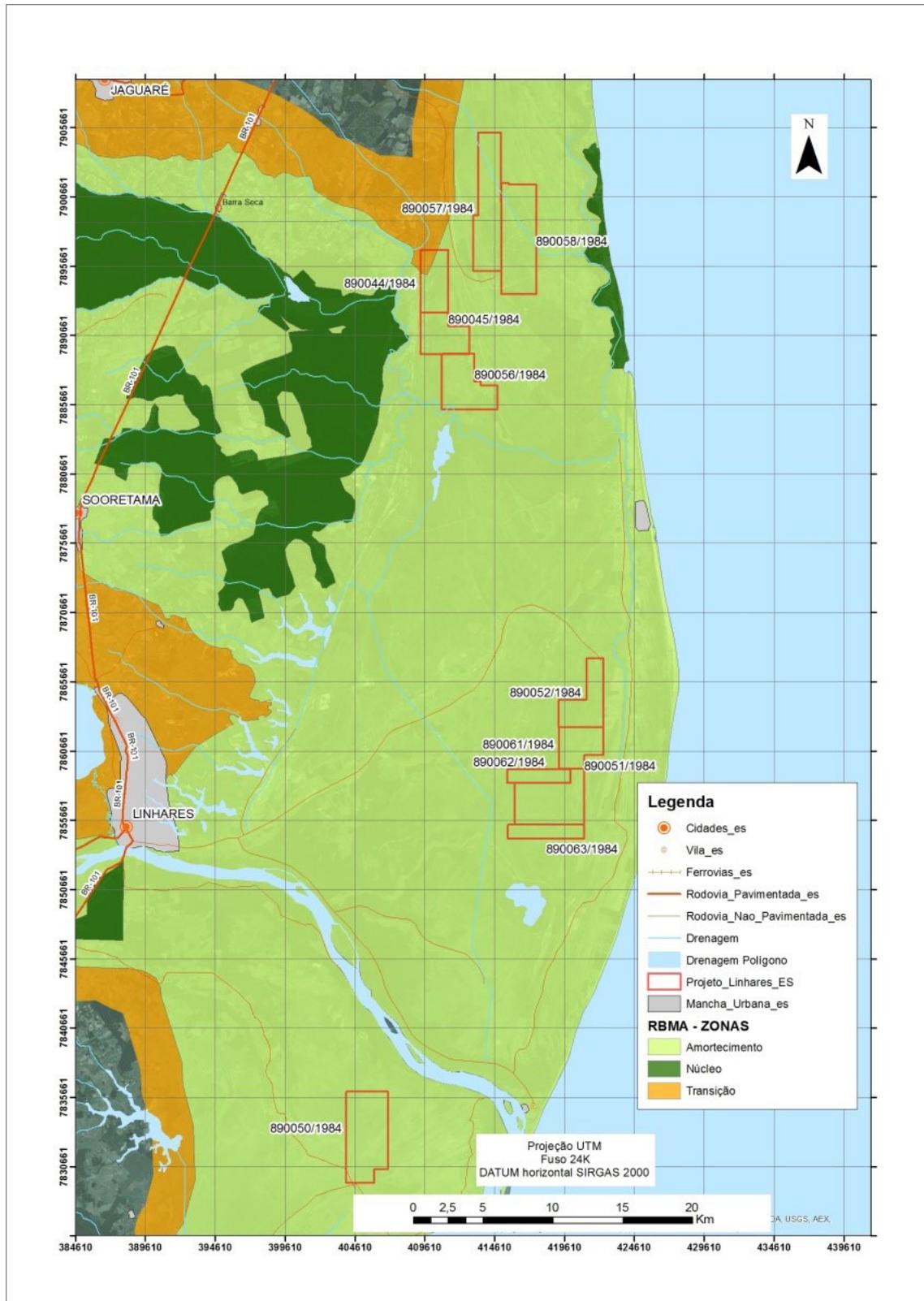
**Figura 14.17** - Localização das áreas de pesquisa para turfa do SGB/CPRM e sua relação espacial com Unidades de Conservação (Elaboração: Fábio Lima Noronha).

(ii) o corte da vegetação nas áreas de preservação permanente, reservas florestais, ocorrência de associações vegetais relevantes, espécies raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção, sítios de importância para a reprodução e sobrevivência da fauna nativa, ocorrência de conjuntos de importância

histórica, artística ou sítios arqueológicos, incluindo seus entornos imediatos com dimensões e características que estão estabelecidas caso a caso; (iii) a coleta, o comércio e o transporte de plantas ornamentais oriundas de florestas nativas; e (iv) a prática de queimadas para manejo agrosilvopastoril;

- Zona de Transição: são as áreas mais externas da reserva e não dispõem de um instrumento legal de proteção específico. Em seus limites, privilegia-se o uso sustentado da terra e a recuperação das áreas degradadas.

Conforme consta o mapa temático demonstrado na Figura 14.18, as áreas de direito mineralógico do Serviço Geológico do Brasil / CPRM estão integralmente inseridas nas zonas da RBMA.



**Figura 14.18** - Relação espacial entre zonas da RBMA e as áreas de pesquisa de turfa do SGB/CPRM (Elaboração: Fábio Lima Noronha).

#### 14.4.4. Potencial para sítios Arqueológicos e Paleontológicos

Os sítios arqueológicos e paleontológicos são considerados bens da União e são definidos e protegidos pelo Decreto-Lei nº 4.146/42 (BRASIL, 1942) e pela Lei Federal nº 3.924/61 (BRASIL, 1961). O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é o órgão federal responsável pela gestão do patrimônio arqueológico do país, cabendo a Agência Nacional de Mineração (ANM) a gestão do patrimônio fossilífero do país.

A atividade minerária, por envolver a intervenção no solo e de seu substrato, oferece riscos à integridade de sítios paleontológicos e arqueológicos. Por isso, durante o processo de licenciamento ambiental, a mineração em locais com potencial ou confirmada presença desses sítios depende de prévia avaliação e autorização dos órgãos supracitados.

Conforme consulta aos dados cartográficos da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) e de levantamentos realizados pelo SGB/CPRM, pelo Projeto Geodiversidade do estado do Espírito Santo (SILVA e MACHADO, 2014), nas áreas de direito minerário não constam cadastros de sítios paleontológicos.

Segundo dados do IPHAN, no Espírito Santo há 347 sítios arqueológicos cadastrados, a maior parte situada na região costeira, sobretudo no norte do estado. De acordo com o mapa da Figura 14.19, que registra a quantidade de sítios arqueológicos no Espírito Santo, São Mateus e Linhares, estão entre os municípios com maior quantidade de sítios cadastrados.

#### 14.4.5. Áreas de Regularização Fundiária (Assentamentos)

O assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas ou reconhecidas pela União, através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde originalmente existia um imóvel rural considerado improdutivo e que pertencia a um único proprietário. Os principais regramentos legais que regem o tema estão contidos na Lei Federal nº 4.504/64 (BRASIL, 1964), sobre o Estatuto da Terra, e na Lei Federal 8.629/93 (BRASIL, 1993). Existem duas modalidades de assentamentos. A primeira, denominada Projeto de Assentamento (PA), é estabelecida diretamente pela União, enquanto a segunda, a projetos de assentamento estaduais (PE), que são reconhecidos pelo INCRA.

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 sendo de interesse para reforma agrária através de sua aquisição ou reconhecimento, e de outro, a União, por meio da 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 prevalecem a exploração das reservas minerais por quatro razões: 1) a rigidez locacional; 2) a anterioridade do título minerário na maior parte dos casos; 3) a vocação mineral da área desapropriada; e 4) a vastidão do território nacional e as diversas áreas disponíveis para assentamento dos sem-terra. Adicionalmente, esse autor lança mão dos seguintes regramentos:

*Lei nº 8.629/93 (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 Federal nº 4.504/64 (Estatuto da Terra), 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.”*

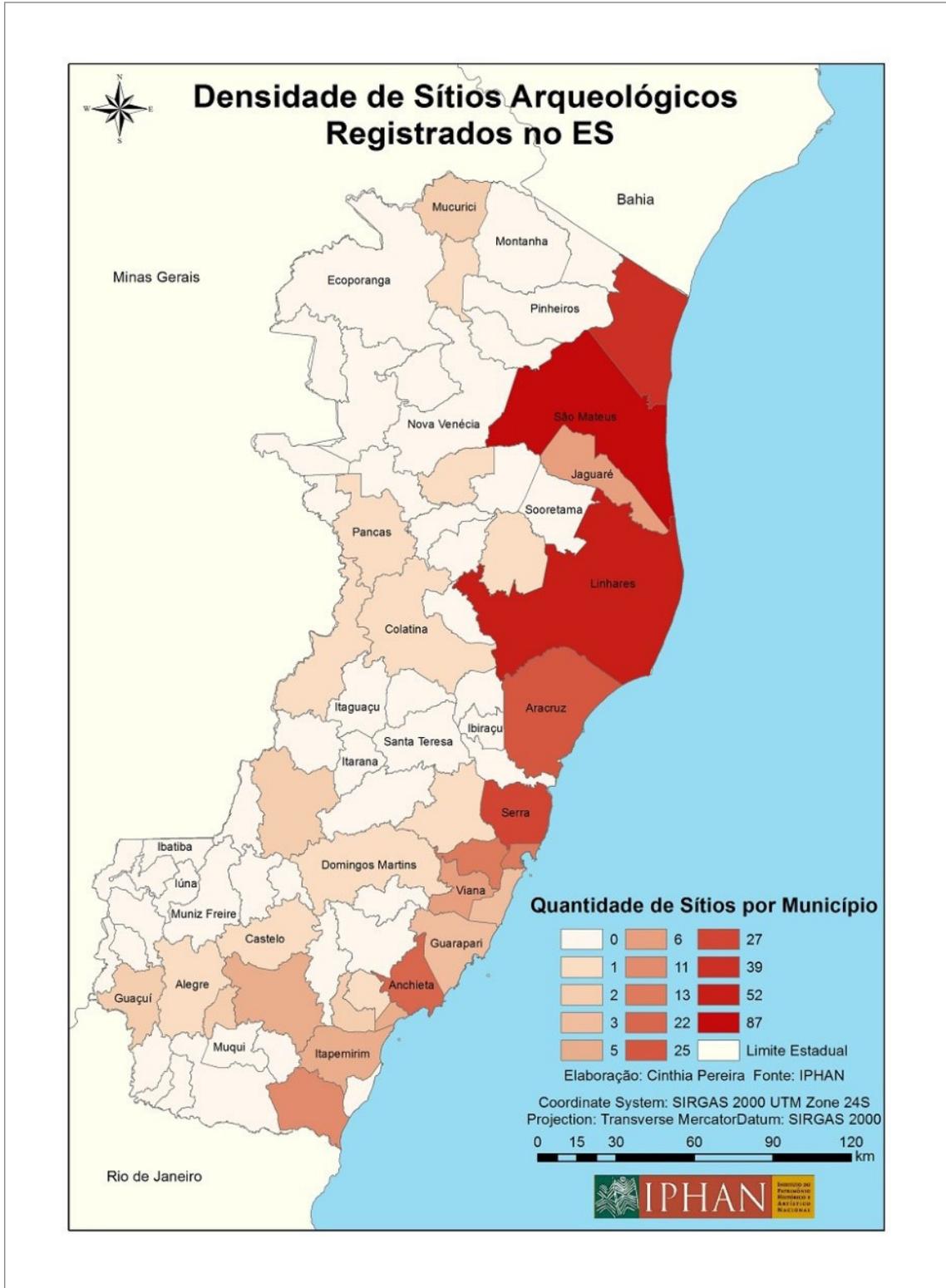
*Art. 87 do Código de Minas: “Não se impedirá por ação judicial de quem quer que seja o prosseguimento da pesquisa ou lavra”.*

Entretanto, a rigor, quando identificado que a atividade de lavra situa-se em área de assentamento, o órgão ambiental solicita que o empreendedor apresente documento de autorização do INCRA para o prosseguimento do licenciamento ambiental.

Neste sentido, é oportuno destacar que, segundo as bases de dados consultadas coligadas as informações de campo, não há ocorrência de assentamentos agrários no interior das áreas do SGB/CPRM.

#### 14.4.6. Áreas indígenas e quilombolas

Tendo em vista que a implantação da atividade minerária implica, muitas vezes, na 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 uma possível mudança dos hábitos culturais daquelas comunidades em função da mineração.



**Figura 14.19** - Quantidade de sítios arqueológicos registrados por municípios no ES (IPHAN, 2017).

No Brasil, compete à Fundação Nacional do Índio (FUNAI) promover estudos de identificação e delimitação, demarcação, regularização fundiária e registro das terras tradicionalmente ocupadas pelos povos indígenas, além de executar o seu monitoramento e fiscalização, nos termos da Lei nº 5.371/1967. Também cabe à FUNAI

atuar no controle e 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 estas comunidades, por força do Decreto nº 4.887/2003.

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, pelo Decreto nº 5.051/2004 traz a consulta prévia como um 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. Já no caso de terras indígenas, a atividade minerária é vedada em seu interior, nos termos da Constituição Federal e legislação correlata.

Conforme consulta à base de dados da FUNAI e Fundação Cultural Palmares, não foi constatada a presença de áreas indígenas e quilombolas nas poligonais correspondentes aos processos de pesquisa para turfa do SGB/CPRM.

#### 14.5. SOCIOECONOMIA

Neste item será abordado de forma sintética o panorama socioeconômico dos municípios onde estão inseridas as poligonais de pesquisa do SGB/CPRM, que incluem, além de Linhares, os municípios de São Mateus e Jaguaré. Muitas das informações apresentadas foram extraídas do relatório final do Plano de Bacia Hidrográfica (ANA, 2013) e do site do IBGE.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), em 2021 foi estimada uma população de 179.755 habitantes para o município de Linhares. Seu PIB *per capita* em 2019 foi calculado em R\$ 36.577,25, com valor do IDHM atingindo 0,724 em 2010. Esses números, aliado a uma economia diversificada, conferem ao município o *status* de importante cenário para atração de investimentos. Na indústria, o município desponta como polo moveleiro de nível nacional, contando ainda com importantes indústrias fabricantes de produtos elétricos da linha branca, metalúrgica e do ramo da agroindústria. A agricultura e a pecuária são relativamente bem desenvolvidas e extremamente importantes para a economia local. Empresas produtoras e exportadoras de frutas destacam-se no segmento, com participação relevante na economia municipal, assim como pela geração de emprego. Hoje, Linhares é um grande exportador brasileiro de mamão papaya, principalmente para os mercados da Europa e dos Estados Unidos.

O município de Linhares destaca-se, ainda, como grande produtor de petróleo e gás natural. As jazidas exploradas pela Petrobras no município o colocam na vanguarda do setor energético nacional. A implantação da Unidade de Tratamento de Gás de Cacimbas (UTGC) em operação desde de 2006, exigiu um investimento total de aproximadamente US\$ 2,6 bilhões, empregando durante sua construção em torno de 3.200 pessoas. Essa usina de tratamento de gás, que em 2013 registrou uma produção média diária de gás natural em torno de 70 milhões de m<sup>3</sup>, ajudou a colocar Linhares no 2º lugar na distribuição de *royalties* no estado (2008), com 18,7% do total do Espírito Santo.

O município de São Mateus, por sua vez, teve população estimada em 134.629 habitantes em 2021, PIB *per capita* de R\$ 18.117,25 (2019) e IDHM de 0,735 em 2010 (IBGE, 2022). Sua economia está baseada, principalmente, na exploração e produção do petróleo, que conta inclusive com um distrito de exploração da Petrobras, tendo ainda na silvicultura, sobretudo de eucalipto, grande representatividade com empreendimentos da Aracruz Celulose S/A e da Companhia Vale do Rio Doce.

No município está localizado o Terminal Aquaviário Norte Capixaba da Petrobras, que é operado pela subsidiária Transpetro. Tem como principal finalidade receber todo petróleo dos campos terrestres do norte capixaba e promover seu escoamento por navios atracados em monoboia.

Para o município de Jaguaré, foi estimada população de 31.589 habitantes, PIB *per capita* de R\$ 20.731,51 (2019) e IDHM de 0,678 em 2010 (IBGE, 2022). Sua principal atividade econômica reside na cafeicultura, onde destaca-se o cultivo do café Conilon, com uma área plantada da ordem de 21.000 hectares. A produtividade média anual nos últimos quatro anos (2010/2013) foi de 574.487 sacas de café beneficiado, gerando no período uma receita bruta anual de R\$ 115 milhões e cerca de 10 mil empregos diretos e indiretos, dos quais mais de 5.000 criados durante os períodos de colheita.

Uma outra fonte de receita do município é a extração de petróleo no campo terrestre de Fazenda Alegre, denominado pela Petrobras como FAL-40H, em operação desde 2001. É o maior campo de óleo *on shore* do Espírito Santo, sendo responsável por mais de 50% de toda a produção ativa terrestre do norte capixaba.

#### 14.6. IMPACTOS POTENCIAIS

A extração e o beneficiamento da turfa, como é esperado na lavra de qualquer recurso mineral, tem seus aspectos positivos e negativos para uma região, sendo os impactos positivos retratados na geração de empregos, diretos e indiretos, aumento da demanda por bens e serviços, bem como aumento da arrecadação tributária.

Os impactos negativos relacionam-se a alterações do meio físico, havendo a necessidade de ações mitigadoras para potenciais danos ambientais. Para fins de avaliação de potenciais impactos ambientais negativos, considera-se a extração de turfa em grande escala desenvolvida em três fases distintas: o pré-desenvolvimento, a fase operacional e a fase de uso final do solo.

A fase de pré-desenvolvimento, ou seja, o preparo da área para a lavra da substância, envolve sua drenagem por meio da abertura de canais para escoamento de águas, visando o rebaixamento do nível freático. No meio biótico, esta ação pode provocar a redução da biodiversidade do ecossistema natural dos brejos e veredas, com a morte de espécies vegetais e de microfauna adaptada às condições de saturação do solo na maior parte do ano. Essas áreas, originalmente atrativas para aves e outros animais silvestres, passam a não ter mais as condições ideais para essa fauna, provocando o seu afugentamento.

Outro aspecto diz respeito à quantidade e à qualidade das águas superficiais e subsuperficiais. O rebaixamento do freático provocado pelos drenos pode produzir um cone de depressão no lençol nos terrenos adjacentes, assim como a subsidência das camadas superficiais da turfeira (sobretudo na porção fibrosa). No caso da compactação das turfas, isso diminuiria sensivelmente sua porosidade, fazendo com que as áreas úmidas na sua esfera percam a capacidade natural de reguladores hidrológicos, que é a de reter água nos períodos chuvosos e liberá-la gradualmente aos cursos hídricos em época de seca.

Um relatório técnico da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, 1981) retrata que as águas em contato com as turfeiras possuem grande quantidade de substâncias húmicas dissolvidas, fósforo e nitrogênio. A drenagem dessas águas provocaria rápido incremento dessas substâncias nos corpos hídricos receptores, acarretando em alterações negativas na qualidade de suas águas, como a redução do pH e a eutrofização. Em condições litorâneas, como é o caso das áreas do SGB/CPRM, Andriess (1984 *in* PEREIRA *et al.*, 2005) aponta que organossolos e turfeiras formadas em planícies marinhas podem conter horizontes com elevados teores de sais e sulfetos, tais como os organossolos tiomórficos. Tais organossolos apresentam condições naturais hidromórficas e sulfato redutor, favorecendo a formação de minerais sulfídricos, como a pirita (PRADA-GAMERO *et al.*, 2004 *in* PEREIRA *et al.*, 2005). Quando a água é drenada, o ambiente redutor dá lugar a condições oxidantes, provocando a elevação das concentrações de sulfatos e de ferro e a redução de pH no local de drenagem.

A fase operacional está associada à exploração do minério propriamente dita. Há três aspectos principais a serem considerados nessa fase em relação aos potenciais impactos negativos.

O primeiro é o agravamento da redução do papel das áreas úmidas de reguladores hidrológicos, redução esta já iniciada na fase anterior. Sem a vegetação natural e com a porosidade reduzida pela drenagem dos brejos e veredas, espera-se o aumento do *run off* (escoamento) nas áreas de lavra, com a deflagração de processos erosivos e assoreamento de drenagens à jusante.

O segundo potencial impacto negativo diz respeito à qualidade do ar. Com a secagem da turfa, partículas são facilmente colocadas em suspensão pelo vento ou pela movimentação do maquinário. As fontes de geração de poeira, oriunda da turfa seca, podem estar na área de lavra e nos locais de armazenamento. O volume de material transportado pelo vento pode ser substancial, sendo estimado em até 15% da quantidade total de turfa extraída, podendo atingir áreas localizadas a quilômetros de distância da mina, conforme as condições meteorológicas. A redução da qualidade do ar também pode ser decorrente da emissão de gases poluentes provenientes do maquinário utilizado nas operações de lavra.

O terceiro aspecto é o agravamento do impacto negativo sobre a vegetação e a fauna, uma vez que a drenagem e a lavra da turfa eliminam porções de brejos e veredas, inclusive com efeitos negativos diretos sobre áreas adjacentes pela formação de cone de depressão no freático e emissão de gases e poeiras. O resultado é fragmentação e perda de qualidade do ecossistema adaptado às áreas úmidas.

O uso final do solo, a última fase, refere-se à utilização da área após a conclusão das operações de lavra da turfa. O resultado final da exploração de uma turfeira pelo processo de turfa moída é uma área plana, extensa e cortada por canais de drenagem. Em geral, é deixada sobre o solo inorgânico uma camada de 10 a 50 cm de espessura de material orgânico, a fim de que seja praticável o desenvolvimento da área para algum tipo de atividade que usualmente pode ser bem sucedida dada a boa fertilidade do solo resultante. Podemos tomar como exemplos o uso agrícola, plantio de árvores nativas ou silvicultura.

Grande parte dos impactos ambientais negativos anteriormente citados pode ser mitigada a partir de um bom planejamento das diversas fases do empreendimento - implantação, operação e fechamento da mina - que considere o contexto ambiental, especialmente quanto à água e a vegetação nativa, na definição de parâmetros operacionais. É considerada fundamental a implantação de alguns programas, tais como:

- Programa de gestão e controle ambiental;
- Programa de qualidade das águas de processo e efluentes;
- Programa de controle de emissões atmosféricas;

- Programa de preservação e conservação ambiental de áreas circunvizinhas à mina;
- Programa de recuperação de áreas degradadas e mineradas;
- Programa de gestão de resíduos industriais;
- Programa de redução de consumo de água, energia e combustíveis,
- Programa de sinalização de vias.

Esses programas, e outros que forem necessários, devem ser discutidos e geridos junto com a comunidade.

Apesar das áreas estarem situadas em locais com densidade demográfica reduzida, o impacto visual causado pela extração mineral a céu aberto merece atenção, não propriamente pelos danos ao meio

ambiente e ao homem, mas pela imagem negativa que gera nas comunidades e instituições. É importante que o projeto ambiental considere a minimização desse fator.

Com relação aos impactos positivos previstos com a implantação de um empreendimento mineral, como supracitados, também devem ser previstos programas, de cunho social, envolvendo a comunidade positivamente com a mineração. Os programas sociais devem objetivar a capacitação da comunidade, de modo que esta seja preparada para se beneficiar das mudanças advindas da implantação da mineração e da decorrente paralisação das atividades, quando do esgotamento da jazida.

## 15. CONCLUSÕES

---

Durante a execução dos trabalhos de pesquisa para turfa nas áreas de direitos minerários do SGB/CPRM no nordeste capixaba, entre as décadas de 1970 e 1980, a crise energética assolava a maioria dos países carentes em petróleo. As constantes oscilações de mercado com o aumento de preços provocavam a busca por alternativas na matriz energética, fazendo a turfa assumir papel importante na geração de energia por suas propriedades caloríficas.

Os estudos de reavaliação desses ativos, apresentados no presente trabalho, levaram a obtenção de números mais realistas e mais consistentes relativos às reservas de turfa, assim como dos parâmetros analíticos, com aumento significativo dos volumes de minério, que chegou a mais de 47% dos números obtidos pelos trabalhos pioneiros para as reservas computadas como medidas e de 25,6% em relação às reservas totais (medida+indicada+inferida). Essa diferença reflete, principalmente, a utilização de novos recursos computacionais para a modelagem geológica dos depósitos, aumentando consideravelmente a precisão, a confiabilidade e a qualidade dos resultados reportados, frente à limitação das ferramentas utilizadas naquela época.

Dessa forma, a soma total dos recursos atingiu o valor de aproximadamente 14,2 milhões de toneladas de turfa, frente aos 9,63 milhões toneladas então contabilizados para as reservas medidas, com um teor médio de poder calorífico de 5.000 cal/g, 7,39% de cinzas, 61,95% de matéria volátil, 25,56% de carbono fixo e umidade de 91,60% a uma densidade média (*Dry Bulk Density*) de 0,09. Os estudos apontaram a Turfeira Córrego Grande do Meio como a de maior volume de recursos, seguido pelas turfeiras Sutar, Barra Seca e Rio Doce, a primeira respondendo por 37% das reservas globais. Entretanto, aumentos mais significativos das reservas foram registrados pelas turfeiras Sutar e Barra Seca, com índices, em relação a tonelagem original, de 78% e 59%, respectivamente, enquanto a Turfeira Rio Doce, ao contrário das demais, teve suas reservas reduzidas em torno de 14%.

Nos dias atuais, há um amplo leque de alternativas na matriz energética, tornando a turfa apenas mais uma opção. Com a retração do mercado energético, ocorreu

um aumento significativo no aproveitamento econômico da turfa em outros setores mercadológicos.

Atualmente, os estudos sobre a turfa têm sido para uso na agricultura. Países como Canadá, Alemanha e Estados Unidos têm um elevado número de publicações científicas nessa linha. No passado, os estudos da turfa somente abordavam seu uso como fonte energética para aquecimento, uso industrial ou para fornalhas de trens. No Brasil, a turfa tem sido utilizada como condicionador de solo, biofertilizantes e para uso como substrato de mudas.

Relatos científicos citam que, de acordo com as características da turfa, é possível, com os tratamentos adequados, transformá-la em diversos outros produtos, tais como: gases combustíveis, coque, alcatrão, ceras industriais, carvão ativado, asfalto, álcool, parafinas, óleos, gasolina, lubrificantes, fertilizantes organo-minerais. T tamanha capacidade de transformação fez com que passasse a ser objeto de estudos dos mais variados ramos da ciência (engenharia civil, química, medicina, biologia, arqueologia, agricultura, entre outros). É amplamente divulgado o diversificado uso da turfa por países do Hemisfério Norte, os maiores detentores das reservas mundiais, em segmentos que vão da construção civil a sua utilização como matéria-prima para a indústria química e têxtil, assim como agente descontaminante de metais pesados e cargas microbianas em efluentes, entre outras aplicações.

No que tange aos ativos do SGB/CPRM no norte capixaba, trabalhos de campo constataram a presença de estruturas atreladas aos campos de produção terrestre de óleo e gás, como terminais e dutos de distribuição, pertencentes à Petrobras, no entorno e/ou dentro de suas áreas. Diante dessas observações, existe a necessidade da adoção de providências junto à ANM e à Petrobras, no sentido de verificar eventuais paralisações e/ou indenizações compensatórias. Foi constatado pela equipe de trabalho que há comprometimento de 100% das áreas do SGB/CPRM devido à presença de estruturas da petroleira, acarretando até pela inviabilidade econômica, que recairá na exploração dos depósitos de turfa.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce:** relatório executivo. Brasília: ANA, 2013. 129 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Informações Geográficas.** Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/down/>. Acesso em 20 de outubro de 2017.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. **O Craton do São Francisco.** Revista Brasileira de Geociências, v.7, nº 4, p. 349-354, 1977.
- BALTAZAR, Oriovaldo Ferreira, ZUCCHETTI, Márcia; OLIVEIRA, Sergio Azevedo Marques de; SCANDOLARA, Jaime; SILVA, Luiz Carlos. **Geologia das Folhas São Gabriel da Palha (SE.24-Y-C-III) e Linhares (SE.24-Y-D-I):** projeto São Gabriel da Palha – Linhares, estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 144 p., il. Escala 1:100.000. Levantamentos Geológicos Básicos.
- BOMFIM, Luiz Fernando Costa. **Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil.** Salvador: CPRM, 2006. Mapa escala 1: 2.500.000.
- BRASIL. Presidência da República. **Decreto-Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942.** Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos. Rio de Janeiro: Presidência da República, 1942. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.htm). Acesso em: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961.** Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Brasília: Presidência da República, 1961. [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: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1964. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4504.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm). Acesso em: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 5.371, de 05 de dezembro de 1967.** Autoriza a instituição da "Fundação Nacional do Índio" e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1967. 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: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **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. Brasília: Presidência da República, 1964. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8629.htm). Acesso em: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **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. Brasília: Presidência da República, 1964. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm). Acesso em: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **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. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. 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: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **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. Brasília, DF: Presidência da República, 2004. 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: 31 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. **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. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. 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: 31 jan. 2017.
- COMISSÃO BRASILEIRA DE RECURSOS E RESERVAS. **Declaração de Resultados de Exploração de Resultados de Exploração, Recursos e Reservas Minerais.** Brasília, DF: CBRR, 2016. 54 p.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Pesquisa de turfa em áreas com autorização de pesquisa concedidas à CPRM no Estado do Espírito Santo.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1980. (Programa de Mobilização Energética).
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Turfa Linhares (Turfa no Espírito Santo). **Turfeira Sutar.** Relatório Final de Pesquisa. Espírito Santo. Alvarás nºs 768/86, 770/86, 2883/86, 2882/86 e 5566/86. Belo Horizonte: CPRM, 1987. Il. Mapas. Anexos. 1 v.

- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Turfa Linhares (Turfa no Espírito Santo). **Turfeira Córrego Grande do Meio**. Relatório Final de Pesquisa. Espírito Santo. Alvarás nºs 2884/86 e 2885/86. Belo Horizonte: CPRM, 1988a. Il. Mapas. Anexos. 1 v.
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Turfa Linhares (Turfa no Espírito Santo). **Turfeira Rio Doce**. Relatório Final de Pesquisa. Espírito Santo. Alvarás nºs 3828/86 e 5566/86. Belo Horizonte: CPRM, 1988b. Il. Mapas. Il. Mapas. Anexos. 1 v.
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. Projeto Turfa Linhares (Turfa no Espírito Santo). **Turfeira Barra Seca**. Relatório Final de Pesquisa. Espírito Santo. Alvarás nºs 685/86, 766/86 e 769/86. Belo Horizonte: CPRM, 1988c. Il. Mapas. Il. Mapas. Anexos. 1 v.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Turfa Linhares - relatórios finais de pesquisa - Turfeira Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce e Sutar - Espírito Santo**: alvarás nº 2884/86 e 2885/86; 685/86, 766/86 e 769/86; 3828/86 e 5566/86; 768/86, 770/86, 2883/86, 2882/86 e 767/86. Porto Alegre: CPRM, 1988. 4 v.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Turfeira Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce e Sutar**: estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 1997. 16p p. il. (Exame atualizado de projeto).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Áreas de Relevante Interesse Mineral no Brasil** – ARIM. MATOS, Gerson Muniz Manuel de Matos; MELLO, Ivan Sérgio de Cavalcanti; GONÇALVES, João Henrique (Orgs). Belo Horizonte: CPRM, 2009. 70 p. mapas. Il.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geodiversidade do Estado do Espírito Santo**. SILVA, Sandra Fernandes da; MACHADO, Marceley Ferreira (orgs.). Belo Horizonte: CPRM, 2014. il. mapas. 1 DVD (Série Programa Geologia do Brasil – PGB, Levantamento da Geodiversidade).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo**: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. VIEIRA, Valter Salino; MENEZES, Ricardo Gallart de (Orgs.). Belo Horizonte: CPRM, 2015. 289 p. il. mapas (Série Programa Geologia do Brasil - PGB, Coleção Mapas Geológicos Estaduais).
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, n. 53, p58-63, 18 de março de 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução nº 428, de 17 de março de 2010**. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res42810.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- DELLA PIAZZA, H. & ARAÚJO, M. B. **Projeto Rio Doce; geologia da parte continental**. S.l, s.ed, 1972. (Relatório inédito PETROBRÁS-DIREX,1982).
- FERNANDES, Andréia Neves. Caracterização Química e Reatividade de Substâncias Húmicas, Solos e Turfas. 2007. 127 p. **Tese** (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- FRANÇA, Rosilene Lamounier; DEL REY, Antônio Cosme; TAGLIARI, Cláudio Vinicius; BRANDÃO, Jairo Rios; FONATANELLI, Paola de Rossi. Bacia do Espírito Santo. **B. Geocien**. PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 15, nº 2, p. 501-509, mai-nov, 2007.
- FRANCHI, José Guilherme. Aplicação de Turfa na Recuperação de Solos Degradados. 2000. 119p. **Dissertação** (Mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- FRANCHI, José Guilherme. A **Utilização de Turfa como Adsorvente de Metais Pesados**. O exemplo da contaminação da bacia do rio Ribeira de Iguape por chumbo e metais associados. 2004. 198 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- FRANCHI, José Guilherme.; SÍGOLO, Joel Barbujiari; MOTTA, José Francisco Marciano. Diagnóstico das turfas no Brasil: histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos. **Revista Brasileira de Geociências**. 36 (I - Suplemento): 179-190, março de 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal das Cidades**. Brasília:IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 de maio 2022.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (Brasil). **Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa>. Acesso em: 8 de outubro de 2017.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Serviços de Previsão do Tempo e Clima**. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Mapas. Disponível em: <https://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>. Acesso em 05 de novembro de 2017.

INTERNATIONAL PEATLAND SOCIETY. **Peatlands**. Disponível em: <https://peatlands.org/>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **CPTEC/INPE**. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 16 jan. 2017.

iSTOCK. **Peat Photos**. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/foto/a-turfa-briquetes-gm463532699-32722748>. Acesso em 13 de novembro de 2017.

MINERAÇÃO VARGINHA. **Turfa**. <<https://mvarginha.com.br/novo/portfolio-view/jazidas-sulfatos-de-aluminio-e-de-magnesio/>>. Acesso em 13 de novembro de 2017).

NASCIMENTO, T. M. F. do. **Uso de turfa na agricultura**: dossiê técnico. [S.l.]: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT, jan./2013.

PEREIRA, Marcos Gervásio; ANJOS, Lúcia Helena da Cunha dos; VALLADARES, Gustavo Souza. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: TORRADO, P.V.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & CARDOSO, E.J., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4. p.233-276.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2000**. Brasília, DF: PNUD, 2000. Disponível em:

[www.pnud.org.br/hdr/arquivos/RDH2000/Sintese\\_RDH.pdf](http://www.pnud.org.br/hdr/arquivos/RDH2000/Sintese_RDH.pdf)

RANGEL, Marcelo de Arruda Barros. 2010. **Atividade Minerária e Projetos de Reforma Agrária**. {s.l.}: IBRAN, 2010. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000617.pdf>. Acesso em 20 de abril, 2017.

REDI Fertilizantes. **Condicionadores de Solos: entenda a importância da matéria orgânica para a recuperação da terra**. Disponível em: <http://www.redifertilizantes.com.br/condicionadores-de-solos-entenda-a-importancia-da-materia-organica-para-a-recuperacao-da-terra/>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

REKYVA. **Turfa Litho**. Disponível em: <<http://www.rekyva.eu/pt-pt/turfa-litho/>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

SUGUIO, Kenitiro; MARTIN, Louis; DOMINGUEZ, José Maria Landim. Evolução da Planície Costeira do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4., 1982, São Paulo. **Atas...**São Paulo: SBG, USP,1982. P. 93-116.

TOLEDO, Luís Márcio Arnaut de. Considerações sobre Turfa no Brasil. **Akrópolis** – Revista de Ciências Humanas. UNIPAR, v.7, nº 28, 1999.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Peat Mining - an initial assessment of wetland impacts and measures to mitigate adverse effects**: final report. Washington D.C.: EPA, 1981. 60 p.

## LISTAGEM DE INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

---

## **LISTAGEM DOS INFORMES DE RECURSOS MINERAIS**

### **SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS**

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Bacia do Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto - Goiás, 2010.

### **SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000**

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
- Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997
-

Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.  
Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.  
Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.  
Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.  
Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.  
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.  
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.  
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.  
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.  
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.  
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.  
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.  
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.  
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.  
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.  
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.  
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.  
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.  
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.  
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.  
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.  
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.  
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.  
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.  
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.  
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.  
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.  
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.  
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.  
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.  
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.  
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.  
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.  
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.  
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.  
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.  
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.  
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.  
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.  
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.  
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.  
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.  
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.  
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.  
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.  
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.  
Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.

---

- Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.
- Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.
- Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.
- Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.
- Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.
- Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.
- Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.
- Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.
- Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.
- Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.
- Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.
- Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.
- Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.
- Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.
- Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.
- Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000
- Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.
- Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.
- Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.
- Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

## **SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.
  - Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.
  - Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.
  - Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.
  - Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.
  - Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.
  - Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.
  - Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.
  - Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.
  - Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.
  - Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.
  - Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000
  - Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.
  - Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.
  - Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Caçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.
  - Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.
  - Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.
  - Nº 18 - Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.
-

## **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.
- Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.
- Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.
- Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.
- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.
- Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.
- Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.
- Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.
- Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.
- Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.
- Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.
- Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.
- Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2016.
- Nº 16 - Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.
- Nº 17 - Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.
- Nº 18 - Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.
- Nº 19 - Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.
- Nº 20 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.
- Nº 21 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.
- Nº 22 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.
- Nº 23 - Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.
- Nº 24 - Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.
- Nº 25 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 26 - Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021
- Nº 27 - Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021
- Nº 28 - Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Eixo Manaus-Boa Vista, Manaus, 2022

## **SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS**

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.
- Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998
- Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.
- Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.
- Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.
- Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.
- Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.
- Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.
- Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2016.
- Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017
- Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017
-

Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017

Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

## **SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO**

Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.

Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.

Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.

Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.

Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.

Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.

Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.

Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.

Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.

Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.

Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.

Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.

Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.

Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.

Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.

Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 1999.

Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.

Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.

Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.

Nº 26 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.

Nº 27 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.

Nº 28 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2022.

Nº 29 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão de Iruí-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.

Nº 30 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.

Nº 31 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.

Nº 32 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Turfa de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasília, 2023.

Nº 33 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Turfa de Santo Amaro das Brotas, Estado de Sergipe, Brasília, 2023.

Nº 34 - Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário Aveiro, Estado do Pará, Brasília, 2022.

## **SÉRIE DIVERSOS**

Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.

Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.

Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.

Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.

Nº 05 - Terras Indígenas do Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, Estado do Amazonas, Manaus, 2020

Nº 06 - Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais - 2011, Belo Horizonte, 2022.

---

## **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

- Nº 01 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.
- Nº 02 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oriental do Rio Grande do Norte – Setor Touros, Recife, 2021.
- Nº 03 - Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental de Pernambuco – Recife, 2021.
- Nº 04 - Potencialidades dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, Setor Bitupitá, 2022.
- Nº 05 - Propecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira, etapa 2010-2020, Rio de Janeiro, 2021.

## **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

- Nº 01 - Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.
- Nº 02 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.
- Nº 03 - Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.
- Nº 04 - Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.
- Nº 05 - Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.
- Nº 06 - Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.
- Nº 07 - Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.
- Nº 08 - Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.
- Nº 09 - Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.
- Nº 10 - Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.
- Nº 11 - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.
- Nº 12 - Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Natal, 2015.
- Nº 13 - Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.
- Nº 14 - Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.
- Nº 15 - Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015
- Nº 16 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015
- Nº 17 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016
- Nº 18 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016
- Nº 19 - Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016
- Nº 20 - Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.
- Nº 21 - Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.
- Nº 22 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.
- Nº 23 - Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019
- Nº 24 - Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.
- Nº 25 - Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.
- Nº 26 - Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 27 - Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.
- Nº 28 - Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.
- Nº 29 - Estudos dos granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.
- Nº 30 - Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.
- Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Ourolândia-Campo Formoso, Salvador, 2021
- Nº 32 - Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021
- Nº 33 - Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021
- Nº 34 - Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas e entorno (RS), Porto Alegre, 2021
- Nº 35 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021
- Nº 36 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de Maceió (AL), Recife, 2022
- Nº 37 - Rochas Ornamentais da Bahia: Mapa de Potencialidades da Região da Serra de Jacobina, Salvador, 2022
- Nº 38 - Titânio Laterítico na Bacia do Paraná (PR), São Paulo, 2022
-

## **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Projeto BANEÓ – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008
- Nº 02 - Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.
- Nº 03 - Projeto BANEÓ – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

## **SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL**

- Nº 01 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015
- Nº 02 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015
- Nº 03 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.
- Nº 04 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.
- Nº 05 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.
- Nº 06 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.
- Nº 07 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.
- Nº 08 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.
- Nº 09 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017
- Nº 10 - Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2019
- Nº 11 - Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.
- Nº 12 - Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.
- Nº 13 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Pannels”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.
- Nº 14 - Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018
- Nº 15 - Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.
- Nº 16 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.
- Nº 17 - Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018
- Nº 18 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.
- Nº 19 - Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.
- Nº 20 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Batólito Pelotas–Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.
- Nº 21 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.
- Nº 22 - Áreas de relevante interesse mineral – Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena–Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.
- Nº 23 - Áreas de relevante interesse mineral – Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019
- Nº 24 - Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, CE, Fortaleza, 2019.
- Nº 25 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.
- Nº 26 - Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.
- Nº 27 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.
- Nº 28 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.
-

- Nº 29 - Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.
- Nº 30 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 31 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021
- Nº 32 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Sequências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021
- Nº 33 - Áreas de Relevante Interesse Mineral –Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cinzento, Estado do Pará, Belém, 2021
- Nº 34 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021
- Nº 35 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Província Mineral do Seridó, Estado de Pernambuco, Recife, 2023
- Nº 36 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022
- Nº 37 - Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022
- Nº 38 - Noroeste do Quadrilátero Ferrífero: Mapa de Prospectividade para Ouro Orogênico do Greenstone Belt Pitangui, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

### **SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

- Nº 01 - Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 02 - Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.
- Nº 03 - Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.
- Nº 04 - Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.
- Nº 05 - Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.
- Nº 06 - Projeto Lítio da Província Pegmatítica da Borborema, Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Recife, 2022

### **SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

- Nº 01 - Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.
- Nº 02 - Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.
- Nº 03 - Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Borborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.
- Nº 04 - Informe Geoquímico Granjeiro-Cococi, Estado do Ceará, Fortaleza, 2023.

### **SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO**

- Nº 01 - Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- Nº 02 - Mapeamento geoquímico da Folha Piatã, Estado da Bahia, Salvador, 2023.

### **SÉRIE ATLAS GEOQUÍMICOS**

Atlas Geoquímico de Carajás – Setor Leste, Sedimentos Ativos de Corrente, Estado do Pará, Belém, 2023

### **SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

- Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009
- Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011
- Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013
-

Atlas of Dimension Stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015

Atlas de Rochas Ornamentais dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017

Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022

Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

---

# O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM) E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista de 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia;
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



### COMITÊ DE ÉTICA



# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## INFORME DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS  
EXAME ATUALIZADO DE PROJETO, Nº32

### PROJETO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL - ÁREA TURFA LINHARES, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico de Brasil (SGB-CPRM), nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Entre as décadas de 1970 e 1990 do século passado, o Serviço Geológico do Brasil realizou diversos projetos de pesquisa e exploração pelo país. Em função disso, atualmente o SGB-CPRM possui 332 direitos minerários ativos agrupados em 30 projetos (blocos) distribuídos pelo país.

A linha de atuação Reavaliação do Patrimônio Mineral é uma atividade vinculada à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais, constituindo uma série de atividades com a finalidade de resgatar e validar dados/informações geológicas, geofísicas, geoquímicas e geometalúrgicas de projetos históricos relacionados ao Patrimônio Mineral do SGB-CPRM. Esses dados são integrados e reinterpretados à luz do conhecimento geológico atual e, tanto quanto possível, modelados e estimados conforme preconizado nos códigos internacionais de classificação de recursos e reservas. O objetivo é criar um banco de dados crível e auditável, em formato digital, cujas informações serão integradas e reavaliadas visando apoiar a valorização e indicar blocos de áreas para licitação via Programa de Parceria de Investimentos.

O projeto Área Turfa Linhares abrange 11 áreas de direitos minerários na faixa costeira no nordeste do estado do Espírito Santo, distribuídas entre os municípios de Linhares e São Mateus, totalizando 7.000 hectares. As ocorrências de turfa relacionam-se quatro depósitos - Córrego Grande do Meio, Barra Seca, Rio Doce e Sutar, que somados perfazem uma quantidade de minério de 14,2 milhões de toneladas. A turfa fibrosa é predominante e configura camadas com espessuras entre 1 m a 1,60 m, localmente atingindo até 2,9 m. Os teores de cinzas situam-se entre 3,73% e 13,39%, com teor médio de 7,39%, enquanto o poder calorífico varia de 3.831g/cal a 5.357g/cal, com média de 5.000 g/cal. A humidade, com base em uma densidade média de 0,09% (dry bulk density), apresenta valor de 91,6%, enquanto a média do carbono fixo em base seca, 25,56%.

O acervo deste projeto contém todos os dados/informações referentes ao depósito estudado, e estará disponível para a empresa vencedora do processo licitatório, se transformando assim em um catalisador que permitirá ampliar as oportunidades de investimento e emprego e estimular o desenvolvimento do setor mineral, em harmonia com as metas de desenvolvimento social e econômico 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 2295-5335 - 21 2295-5382

### Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

### Departamento de Geologia

Tel: 91 3182-1326

### Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

### Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

### Núcleo de Comunicação

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: comunicacao@sgb.gov.br

### Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: ouvidoria@sgb.gov.br

### Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: seus@sgb.gov.br

[WWW.SGB.GOV.BR](http://WWW.SGB.GOV.BR)