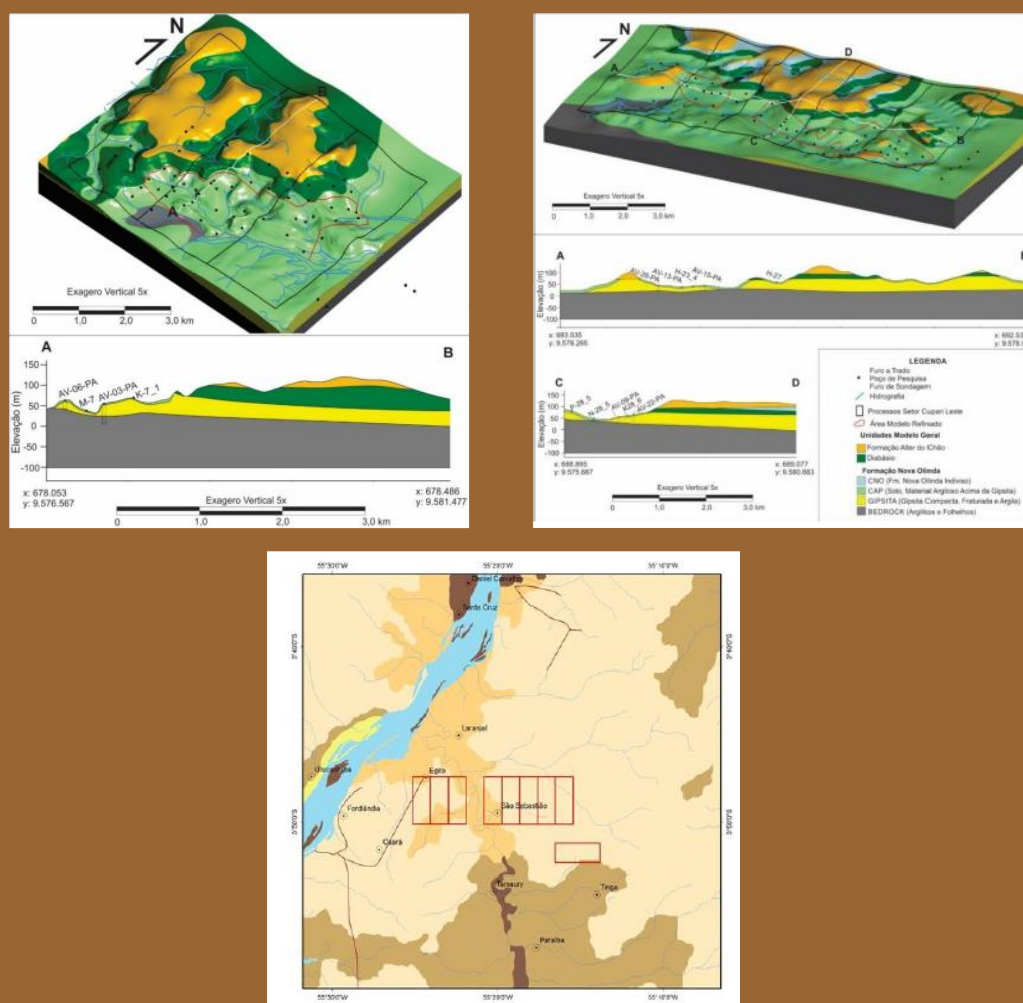


PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL – ÁREA GIPSITA RIO CUPARI

ESTADO DO PARÁ



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Oportunidades Minerais
Exame Atualizado de Projeto, nº 31

Brasília – 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

Superintendente

Lauro Gracindo Pizzatto

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Maurício Pavan Silva

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM

Superintendente

Jânio Souza Nascimento

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

César Chaves Lisboa

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

Ruben Sardou Filho

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do 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

David Teles Ferreira

Em Edição

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

Estado do Pará

ORGANIZADORES

Hamilcar Tavares Vieira Junior
Ricardo Wosniak
Ruben Sardou Filho
Ricardo Gallart de Menezes
Cesar Lisboa Chaves

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Oportunidades Minerais - Exame Atualizado de Projeto, nº 31



Brasília
2022

REALIZAÇÃO

Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

ORGANIZADORES

Hamilcar Tavares Vieira Júnior
(Chefe do Projeto)
Ricardo Wosniak
(Coordenação Técnica)
Luiza Lopes Araújo
Gustavo Alexandre Silva
Giovani Nunes Parisi
Ricardo Gallart de Menezes
Angeval Alves Brito
Ruben Sardou Filho
(Coordenação Geral)
Raphael Araújo Neto - (SUREG-BE)
José Guilherme Ferreira de Oliveira (SUREG-BE)
Élcio Rodrigues
Vanessa Lobato Cruz - SUREG-BE)
Lucas Camargo Marqueline - SUREG-SA)
Luciano Castro - (SUREG-BE)
Cesar Lisboa Chaves

TEXTO EXPLICATIVO

Resumo

Hamilcar Tavares Vieira Júnior
Ricardo Gallart de Menezes

1. Introdução

Hamilcar Tavares Vieira Junior
Ricardo Gallart de Menezes

2. Localização, Infraestrutura e Logística

Angeval Alves Brito
Ricardo Gallart de Menezes

3. Aspectos Legais

Élcio Rodrigues
Ruben Sardou Filho

4. Histórico do Projeto

Hamilcar Tavares Vieira Junior
Luciano Castro (SUREG-BE)

5. Fisiografia

Vanessa Lobato Cruz (SUREG-BE)

6. Geologia Regional

Raphael Neto Araújo (SUREG-BE)
José Guilherme Ferreira de Oliveira (SUREG-BE)
Ricardo Gallart de Menezes

7. Geologia Local

Ricardo Gallart de Menezes
Raphael Neto Araújo (SUREG-BE)
José Guilherme Ferreira de Oliveira (SUREG-BE)

8. Procedimentos de Resgate dos Dados Analógicos

Luiza Lopes Araújo
Lucas Camargo Marqueline (SUREG-SA)

9. Modelagem Geológica e Estimativa de Recursos

Ricardo Wosniak
Luiza Lopes Araújo

10. Lavra e Beneficiamento

Angeval Alves Brito

11. Análise Econômica

Gustavo Alexandre Silva

12. Diagnóstico Socioambiental

Giovani Nunes Parisi

13. Conclusões e Recomendações

Ricardo Wosniak
Hamilcar Tavares Vieira Júnior

Gustavo Alexandre Silva
Ricardo Gallart de Menezes
Angeval Alves Brito

14. Referências Bibliográficas

Hamilcar Tavares Vieira Júnior
Gustavo Alexandre Silva
Giovani Nunes Parisi
Raphael Neto Araújo (SUREG-BE)
José Guilherme Ferreira de Oliveira (SUREG-BE)
Luiza Lopes Araújo
Angeval Alves Brito
Ricardo Gallart de Menezes

ESTAGIÁRIAS

Daniela Pascoal de Paiva Macedo (SUREG-SA)
Vanessa Mercês (SUREG-SA)

PROJETO GRÁFICO CAPA

Divisão de Editoração Geral
Lucas Victor de Alcântara Estevão

APOIO ADMINISTRATIVO

Cícero Meneses
Maria Madalena Figueiredo de Lima

PROJETO GRÁFICO/EDITORÇÃO

Miolo (DIEDIG)
Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes
Diagramação (DIEDIG)
Pedro da Silva

COLABORAÇÃO TÉCNICA, REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO

Ricardo Gallart de Menezes

FOTOS DA CAPA

Acima, esquerda para a direita:

1. Modelo geológico geral do Bloco Cupari Oeste em 3D e perfil geológico;
2. Modelo geológico geral do Bloco Cupari Leste em 3D e perfis geológicos.

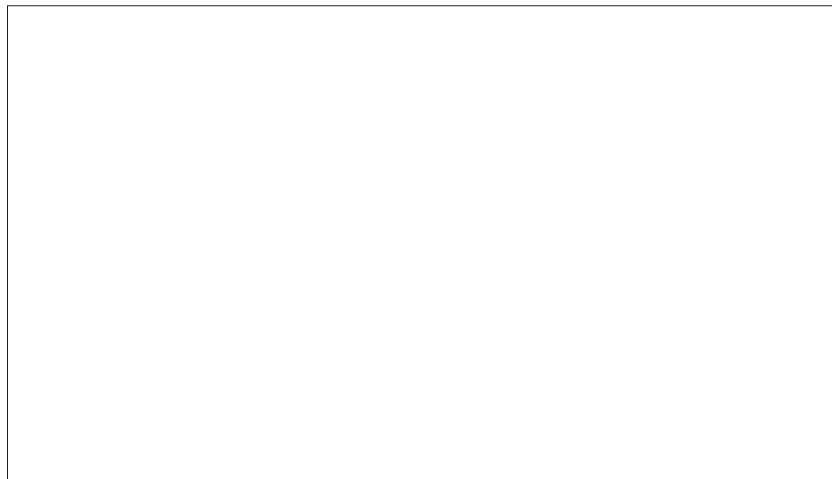
Embaixo:

3. Localização das poligonais relativas as áreas de processos da CPRM no baixo curso do rio Cupari.

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)



Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil - tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, o Informe da Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projetos, número 33, Gipsita Rio Cupari do Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, o qual se insere no Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral – Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil. O Projeto de Reavaliação do Patrimônio Mineral da CPRM tem como objetivo resgatar e reavaliar dados geológico, geoquímicos e geofísicos gerados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais 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 Minerais – DEREM, da Diretoria de Geologia e Mineração – DGM. Neste sentido, o Serviço Geológico do Brasil/CPRM apresenta o presente produto com intuito de disponibilizar dados reavaliados sob a ótica de técnicas mais modernas dos recursos de gipsita que constituem ativos da empresa situados na municipalidade de Aveiro, na região da bacia do Rio Cupari, no centro-oeste do Estado do Pará. 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 da CPRM em futuras licitações para as demais substâncias que compõem seu portfólio. A CPRM detém 332 processos de direitos minerários ativos no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, atual Agência Nacional de Mineração - ANM, em fases variáveis entre alvarás de pesquisa e relatórios finais de pesquisa, os quais constituem 30 blocos de áreas distribuídos por todo país. Os bens minerais que compõem o atual portfólio da instituição, com a quantidade de blocos de áreas pertinentes a cada substância indicados entre parêntesis, 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 1970 nas áreas da CPRM, que permitiram esboçar um modelo geológico tridimensional para as camadas de gipsita na área de estudo e quantificar seus recursos em bases mais consistentes.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Márcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

As áreas de pesquisa com as jazidas de gipsita tituladas à CPRM estão situadas no âmbito da bacia do rio Cupari, afluente pela margem direita do rio Tapajós, no município de Aveiro, Estado do Pará, totalizando nove (9) polígonos, com 1000 ha cada, referentes aos processos DNPM 802.189/73, 802.190/73, 802.191/73, 802.193/73, 802.194/73, 802.195/73, 802.196/73, 802.197/73 e 802.623/75. Com exceção da área deste último, que foi desconsiderada devido à ausência de intervalos mineralizados nos furos inseridos na sua poligonal, as áreas dos demais processos dispõem-se ajustadas na direção E-W, compondo dois blocos de áreas tratados de forma independente pela modelagem, que são referidos como blocos Leste e Oeste, este abrangendo as áreas relativas aos processos DNPM 802.189/1973, 802.190/1973 e 802.191/1973. No contexto geológico local os depósitos de gipsita estão inseridos na Formação Nova Olinda (Grupo Tapajós) que corresponde a uma sequência químico-evaporítica neocarbonífero-permiana localizada no flanco sul da bacia intracratônica do Amazonas. É uma sequência claramente cíclica, cuja deposição evoluiu de clásticos fluviais, eólicos e marinhos rasos na porção inicial, para carbonatos e evaporitos marinho normais a lacustre hipersalinos, seguida pela deposição de clásticos fluviolacustres e mais raramente evaporitos, de uma fase regressiva subsequente. São caracterizados dois tipos de minério, a gipsita compacta e a fraturada, a primeira um minério praticamente com 100% de pureza, enquanto a gipsita fraturada encerra material argiloso, em geral calcífero, presentes em fissuras ou fraturas assim como em níveis subordinados e intercalados no minério, mas que também é considerada como parte integrante do minério aproveitável. As camadas de gipsita fraturada e compacta ora ocorrem formando seções interestratificadas de menor ordem de grandeza ora, como é mais comum, configurando camadas isoladas, espessas e contínuas, com espessuras, grosso modo, variando entre 5m a quase 30 m. Somadas, as camadas de minério, em alguns perfis de sondagens, chegam a mais de 40 m de espessura, normalmente com grande continuidade lateral. A gipsita ocorre sob forma camadas sub-horizontais presentes principalmente no topo da Formação Nova Olinda, predominando nas partes basais da unidade argilitos e/ou folhelhos. O capeamento é formado principalmente por solo argilosos, eventualmente arenosos e silto-arenosos, e é extremamente irregular, variando de poucos metros a quase 10 m, com o minério, entretanto, aflorante em alguns locais. Dados da modelagem geológica estimou uma espessura média da camada de minério no Bloco Oeste de 6,34m para gipsita compacta e 5,45m para a fraturada, enquanto no Bloco Leste, 4,39m para a gipsita compacta e 4,15m para a fraturada. Com relação ao capeamento, que inclui os níveis argilosos interpostos às camadas de minério (capeamento total), no Bloco Oeste foi estimada uma espessura média de 2,14m, enquanto no Bloco Leste, 2,37m. Os recursos totais de minério quantificados pela modelagem geológica para o Bloco Oeste foram da ordem de 287 milhões de toneladas e para o Bloco Leste, mais de 316 milhões de toneladas de gipsita, o que configura um depósito de grande porte capaz de suprir a demanda nacional por décadas. Os teores médios do CaO , SO_3 e H_2O obtidos para o minério dos dois blocos, respectivamente, em torno de 31%, 43% e 16%, indicam a gipsita do rio Cupari como de alto grau de pureza, não necessitando nenhum tratamento físico ou químico específico, exceto uma lavagem na porção em que se encontra misturada com argila. Por se tratarem de dados históricos, onde requisitos mínimos não foram atendidos, conforme exigem os códigos e normas internacionais, os recursos obtidos são classificados como recursos inferidos.

ABSTRACT

The research areas with gypsum deposits entitled to CPRM are located the Cupari river basin, tributary on the right bank of the Tapajós river, in the municipality of Aveiro, State of Pará, totaling nine (9) polygons, with 1000 ha each, referring to DNPM processes 802.189/73, 802.190/73, 802.191/73, 802.193/73, 802.194/73, 802.195/73, 802.196/73, 802.197/73 and 802.623/75. With the exception of the area of the latter, which was disregarded due to the absence of mineralized intervals in the holes inserted in its polygonal, the areas of the other processes are arranged in the EW direction, composing two blocks of areas treated independently by the modeling, which are referred to as the East and West blocks, this one covering the areas related to DNPM processes 802.189/1973, 802.190/1973 and 802.191/1973. In the local geological context, the gypsum deposits are inserted in the Nova Olinda Formation (Tapajós Group), which corresponds to a neocarboniferous-Permian chemical-evaporitic sequence located on the southern flank of the Amazonas intracratonic basin. It is a clearly cyclical (pulsative) sequence, whose deposition evolved from fluvial, eolian and shallow marine clastics in the initial portion, to carbonates and normal marine evaporites to hypersaline lacustrine, followed by the deposition of fluviolacustrine clastics and more rarely evaporites, of a subsequent regressive phase. Two types of ore are characterized, compact and fractured gypsum, the first an ore with practically 100% purity, while fractured gypsum contains clayey material, generally calciferous, present in cracks or fractures as well as in subordinate and intercalated levels in the ore, but which is also considered an integral part of usable ore. The fractured and compact gypsum layers sometimes occur forming interstratified sections of smaller order of magnitude, sometimes, as is more common, configuring isolated, thick and continuous layers, with thicknesses, roughly, ranging from 5m to almost 30m. Together, the ore layers, in some drill profiles, reach more than 40 m thick, normally with great lateral continuity. Gypsum occurs in the form of sub-horizontal layers present mainly at the top of the Nova Olinda Formation, predominantly in the basal parts of the claystones and/or shales unit. The surface capping is mainly formed by clayey soils, occasionally sandy and silty-sandy, and it is extremely irregular, varying from a few meters to almost 10 m, with the ore, however, exposed in some places. Geological modeling data estimated an average thickness of the ore layer in the West Block of 6.34m for compact gypsum and 5.45m for fractured gypsum, while in the Eastern Block, 4.39m for compact gypsum and 4.15m for fractured gypsum. Regarding the capping, which includes the clay levels interposed to the ore layers (total capping), in the West Block an average thickness of 2.14m was estimated, while in the East Block, 2.37m. The total ore resources quantified by geological modeling for the West Block were of the order of 287 million tons and for the Eastern Block, more than 316 million tons of gypsum, which configures a large deposit capable of meet the national demand for decades. The average contents of CaO, SO₃ and H₂O obtained for the ore of the two blocks, respectively, around 31%, 43% and 16%, indicate the gypsum from the Cupari river as having a high degree of purity, not requiring any physical treatment or specific chemical, except a wash in the portion where it is mixed with clay. As these are historical data, where minimum requirements have not been met, as required by international codes and standards, the resources obtained are classified as inferred resources.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA	10
3. ASPECTOS LEGAIS	14
3.1. ANÁLISE PROCESSUAL	14
4. HISTÓRICO DO PROJETO	18
5. ASPECTOS FISIOGRAFICOS.....	20
6. GEOLOGIA REGIONAL.....	23
6.1. BACIA DO AMAZONAS	23
6.2. EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA DO AMAZONAS.....	24
6.3. UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS DA BACIA DO AMAZONAS.....	25
6.3.1. Sequências Sedimentares da Fase Rifte-Sinéclise	26
6.3.2. Sequências Sedimentares da Fase Sinéclise	26
6.3.2.1. Sequência Ordovício-Devoniana	26
6.3.2.2. Sequência Devono-Tournaisiana (Mississippiana Inferior).....	26
6.3.2.3. Sequência Pensilvaniana-Permiana	27
6.3.3. Sequências Mesozoico-Cenozoicas.....	28
7. GEOLOGIA LOCAL E CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS DE GIPSITA.....	29
8. PROCEDIMENTO DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS.....	32
8.1. TRABALHOS DE PESQUISA DOS PROJETOS ITAMAGUARI E ITAMAGUARI II	32
8.2. GEORREFERENCIAMENTO E DIGITALIZAÇÃO DOS MAPAS.....	32
8.3. RESGATE DOS DADOS DOS ELEMENTOS DE PESQUISA.....	34
8.4. RESGASTE DOS DADOS ANALÍTICOS	36
9. MODELAGEM GEOLÓGICA 3D E ESTIMATIVAS DE RECURSOS.....	38
9.1. METODOLOGIA	38
9.2. SÓLIDOS GERADOS.....	41
9.2.1. Modelos Gerais dos Setores Cupari Oeste e Cupari Leste	41
9.2.2. Modelos Refinados dos Setores Cupari Oeste e Cupari Leste	41
9.3. RECURSOS GEOLÓGICOS	45
9.3.1. Compositagem das Amostras	45
9.3.2. Teores.....	46
9.3.3. Modelo de Blocos	53
9.3.4. Estimativas dos Recursos	55
9.3.5. Curvas de Parametrização	57
10. LAVRA E BENEFICIAMENTO.....	60
10.1. LAVRA.....	60
10.1.1. Lavra à Céu Aberto.....	60
10.1.2. Lavra Subterrânea	61

10.1.3. Definição do Melhor Método de Lavra	62
10.2. BENEFICIAMENTO	62
11. ANÁLISE ECONOMICA	64
11.1. ASPECTOS MERCADOLÓGICOS	
DA GIPSITA	64
11.1.1. Panorama Mundial	64
11.1.2. Comércio Internacional	65
11.1.2.1. Comércio exterior brasileiro	66
11.1.3. Panorama Nacional	66
11.1.4. USOS E ESPECIFICAÇÕES DE MERCADO	67
11.1.4.1. Principais Especificações da Indústria	69
11.1.5. Estrutura Produtiva	70
11.1.5.1. Etapas da cadeia produtiva	71
11.2. PREÇOS	73
11.3. SINOPSE DO SETOR DE GIPSITA/GESSO PARAENSE	73
11.4. PERSPECTIVAS E INVESTIMENTOS	75
11.4.1. Dinâmica Econômica da Região RI Tapajós (PA) e Investimentos	76
11.4.2. Substitutos, Reciclagem e Sustentabilidade	77
12. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL.....	78
12.1. INTRODUÇÃO	78
12.1.1. Ecossistemas e Biodiversidade	78
12.1.2. Uso do Solo	79
12.2. ESPAÇOS TERRITORIAIS PROTEGIDOS OU RESTRITIVOS.....	80
12.2.1. Áreas de Preservação Permanente (APPs).....	80
12.2.2. Unidades de Conservação (UCs)	82
12.2.3. Reserva da Biosfera.....	82
12.2.4. Potencial para Sítios Arqueológicos e Paleontológicos	82
12.2.5. Áreas de Regularização Fundiária (Assentamentos)	83
12.2.6. Áreas Indígenas e Quilombolas	84
12.3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	84
12.4. IMPACTOS PROVÁVEIS	84
12.5. CONSIDERAÇÕES.....	85
13. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	87
REFERÊNCIAS.....	89

1. INTRODUÇÃO

A CPRM detém 332 processos de direitos minerários ativos na Agência Nacional de Mineração - ANM, em fases variáveis entre alvarás de pesquisa e relatórios finais de pesquisa, os quais constituem 30 blocos de áreas distribuídos por todo país (Figura 1). Os bens minerais que compõem o portfólio da instituição, com a quantidade de blocos de áreas pertinentes a cada substância indicados entre parêntesis, 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 teve como objetivo resgatar e reavaliar os dados e informações geológicas, relativas a pesquisas realizadas na década de 1970 pela CPRM em ocorrências de gipsita localizadas no município de Aveiro, no centro-oeste do estado do Pará. As áreas de pesquisa são pertinentes a nove poligonais outorgadas à CPRM, com 1000 hectares cada, referentes aos processos DNPM 802.189/73, 802.190/73, 802.191/73, 802.193/73, 802.194/73, 802.195/73, 802.196/73, 802.197/73 e 802.623/75. Com exceção da área deste último, inerente ao Projeto Itamaguari II, que foi desconsiderada devido à

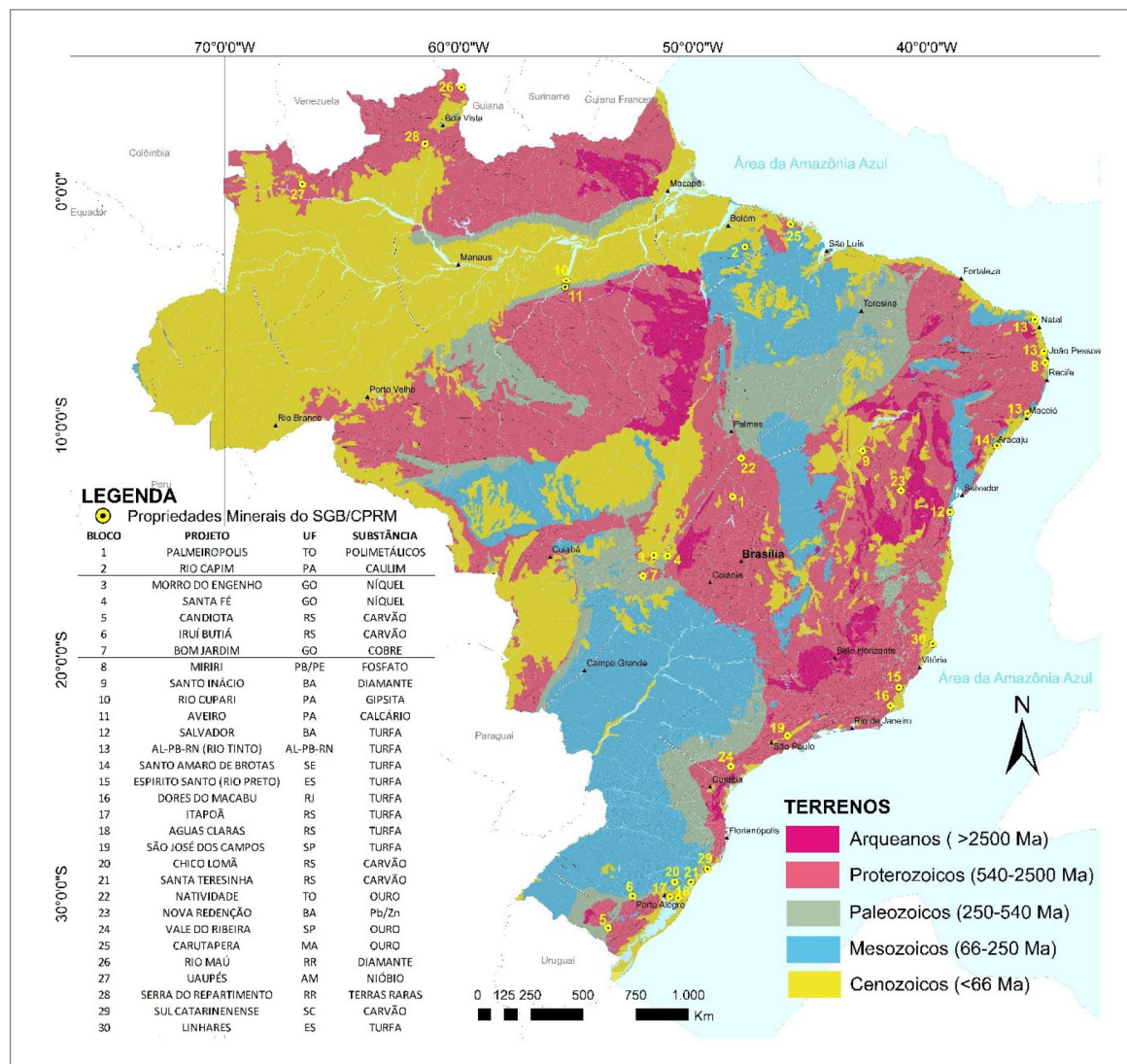


Figura 1 - Mapa com a localização dos blocos de áreas de direitos minerários da CPRM (Elaboração: Ricardo Wosniak).

ausência de intervalos mineralizados nos furos inseridos na sua poligonal, os demais processos formam dois conjuntos de áreas geminadas e dispostas na direção E-W, que são referidos como blocos Leste e Oeste, este último abrangendo os processos 802.189/1973, 802.190/1973 e 802.191/1973, com a área de cada bloco tratada de forma independente pelos trabalhos da modelagem geológica para estimativas de recursos. É importante enfatizar, que área do processo 802.623/75 é referida como de número 802.625/75 no Projeto Itamaguari II e que em uma segunda área também arrolada pelo Projeto (então identificada com nº 802.623/75), contígua à do processo 802.197/73 e que não consta como outorgada à CPRM, foram executados furos de sondagem, que teve parte de seus dados utilizados para modelagem geológica do Bloco Leste. Em relação ao Projeto Itamaguari, duas áreas que originalmente compunham o lote de processos (802.188/73 e 802.192/73) foram descartadas devido a resultados negativo em furos de trado mecânico, que, entretanto, tiveram parte desses dados utilizados para a modelagem do Bloco Oeste.

As atividades realizadas para o presente Informe compreenderam a recuperação dos dados históricos e sua transformação em formatos digitais, que incluíram mapas geológicos, boletins com descrição das sondagens rotativas e a trado, perfis geológicos e dados analíticos diversos. Os boletins históricos de sondagem, análises químicas e outros existentes foram resgatados e organizados em pastas específicas, conforme às normas internacionais aplicadas à exploração mineral. Visando maximizar a confiança nos dados originais foi realizada a consistência de todas as informações históricas resgatadas, inserindo no banco de dados apenas aquelas consideradas válidas.

Para melhor entendimento geológico e da aplicabilidade das técnicas exploratórias utilizadas no passado foram consultadas diversas fontes de estudos sobre a gênese das jazidas.

Após a fase de resgate, organização e validação dos dados iniciou-se a modelagem tridimensional dos corpos de minério, em escala compatível, tendo a altimetria SRTM usada, corrigida por dados locais georreferenciados e consistidos obtidos em campo, inerentes aos pontos das sondagens e da descrição de afloramentos, entre outros, os quais 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* Leapfrog Geo v. 6.0 foi utilizado para integração de todos os dados digitalizados para gerar modelos 3D e parametrizar os recursos.

O quadro de recursos foi realizado com base nas orientações contidas nos códigos JORC (*JOINT ORE RESERVES COMMITTEE*), da Austrália, e NI43-101, do Canadá. Contudo, e deve-se considerar que, por se tratar de dados históricos, não se pode garantir o seguimento dessas normas por completo.

Este informe foi de responsabilidade do Departamento de Recursos Minerais (DEREM) da CPRM, por meio da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE), que teve apoio direto da Superintendência Regional de Belém da CPRM, que forneceu suporte técnico-administrativo e disponibilizou seus pesquisadores que contribuíram para elaboração do relatório. Todas as atividades foram acompanhadas por um ou mais técnicos da SUREG-BE, possibilitando assim treinamento e transferência de conhecimento na avaliação de recursos minerais.

2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

As áreas de pesquisa estão situadas no município de Aveiro, centro-oeste do estado do Pará, especificamente na bacia do baixo curso do rio Cupari, a 10 Km da sua foz no rio Tapajós, do qual é afluente pela margem direita, e a mais de 20 km ao sul da sede municipal (em linha reta). Por se tratar de uma região ainda bastante preservada, em grande parte coberta pela floresta amazônica, o acesso terrestre às poligonais é muito restrito.

A comunidade de Távio, na margem direita do rio Tapajós, é o núcleo habitacional mais próximo à área com os depósitos de gipsita, distando apenas a pouco mais de 2 km da poligonal mais ocidental, constituindo o principal meio de acesso às áreas a estrada de terra que liga essa comunidade ao distrito de Fordlândia, a 30 km aproximadamente, e que atravessa a porção noroeste do Bloco Oeste (Figuras 2 e 3). Outro acesso terrestre tem como vertente uma estrada vicinal que tem entroncamento a 10 km ao sul de Fordlândia, na rodovia não pavimentada que une esse distrito a BR-230 (Transamazônica), a qual permite alcançar após percurso estimado em 20 km a parte sul das áreas de processo. Acesso fluvial pode ser realizada pelo rio Cupari por meio de barcos de pequeno e médio porte, que tem sua foz no rio Tapajós, a 6 km a jusante do povoado de Távio.

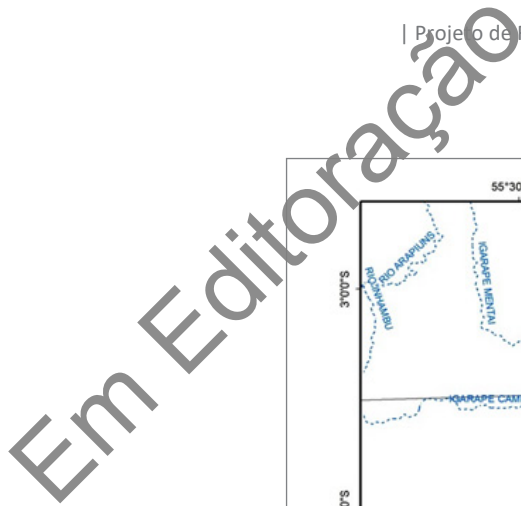
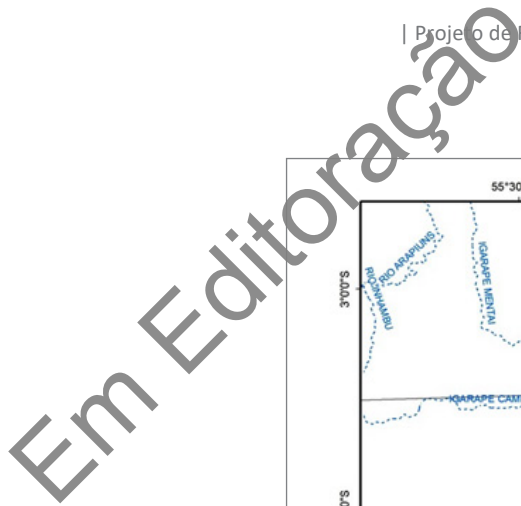
Para uma visão mais regional, é mostrada na figura 4 o posicionamento da área de trabalho no mapa do estado do Pará com sua malha rodo-hidro-ferroviária, com as principais vias federais e estaduais, em operação e planejadas, conforme dados do ministério dos Transportes em 2012.

A cidade com melhor suporte para eventual apoio a atividades de mineração da gipsita é Itaituba, situada acerca de 80 km a montante pelo curso do rio Tapajós do povoado de Távio. A cidade, com população de pouco mais de 100 mil habitantes, dispõe de uma boa infraestrutura, com bons hotéis, hospitais, agências bancárias, comércio variado, além de dispor de um aeroporto atendido por voos comerciais regulares. Este terminal (Figura 5), o mais próximo das áreas do projeto, é classificado como um aeroporto regional e considerado o mais importante do sudoeste paraense, contando com voos que ligam Itaituba a cidades como Santarém, Altamira, Belém e Manaus. O aeroporto é totalmente climatizado, contando com mix de lojas, praça de alimentação e acesso gratuito à Internet. A operação de pousos e decolagens no aeródromo é feita pelo Grupamento de Navegação

Aérea de Itaituba (GNA III - SBIH). O aeródromo dispõe de sinalização que permite operações noturnas (IFR), e possui uma pista auxiliar para o taxiamento de aeronaves (WIKIPÉDIA, 2021). Segundo a ANAC (BRASIL, 2021c), Itaituba conta ainda com 18 pistas de pouso, entre pavimentadas e de piçarra, espalhadas por diversas fazendas no município. O aeroporto internacional de Santarém, Maestro Wilson Fonseca, está distante, aproximadamente, 350 km das áreas do projeto e possui voos regulares para as principais cidades e possibilidades de conexão com todo o País e para o exterior. Sua localização geográfica traz um diferencial atrativo para toda essa região.

O estado do Pará possui uma condição hidroviária muito favorável em relação a outros estados do País. Mais de 50% dos municípios são interligados por rios e por conta disto são, pelo menos, 108 pontos de infraestrutura portuária que permitem a chegada e saída de mercadorias e, evidentemente, transporte de passageiros. Neste sentido, como não poderia deixar de ser, a cidade de Itaituba está rota de uma dessas hidrovias, que é a do Tapajós-Teles Pires (DNIT, 2021), em consolidação, que se estende por 850 km entre a confluência dos rios Teles Pires e Jurueña, na divisa entre os estados do Mato Grosso, Pará e Amazonas, e a cidade de Santarém, no Pará. É importante acrescentar que a localização geográfica do rio Cupari permite sua utilização para o transporte fluvial da gipsita em conexão com os rios Tapajós e Amazonas durante todo ano, destacando ainda que a cidade de Santarém, terceira cidade mais importante do estado do Pará, está apenas a 180 km da sua foz no rio Tapajós.

A cidade de Itaituba dispõe de dois terminais portuários, um deles é o TUP (Terminal de Uso Privado) de Miritituba (Figura 6), com infraestrutura para movimentação e armazenamento de grãos sólidos e líquidos. É utilizado principalmente para escoamento de grãos vindos do estado do Mato Grosso por meio de caminhões através da BR-163, que são transportados por meio de balsas até ao complexo portuário de Vila do Conde na cidade de Barcarena, na Grande Belém, considerado o maior do estado do Pará. A partir da região com dos depósitos de gipsita, esse terminal pode ser alcançado por via terrestre através da conexão da estrada que une o distrito de Fordlândia à BR-230 (Rodovia Transamazônica), e desta até Itaituba, com percurso estimado de 150 km.

[illegible]

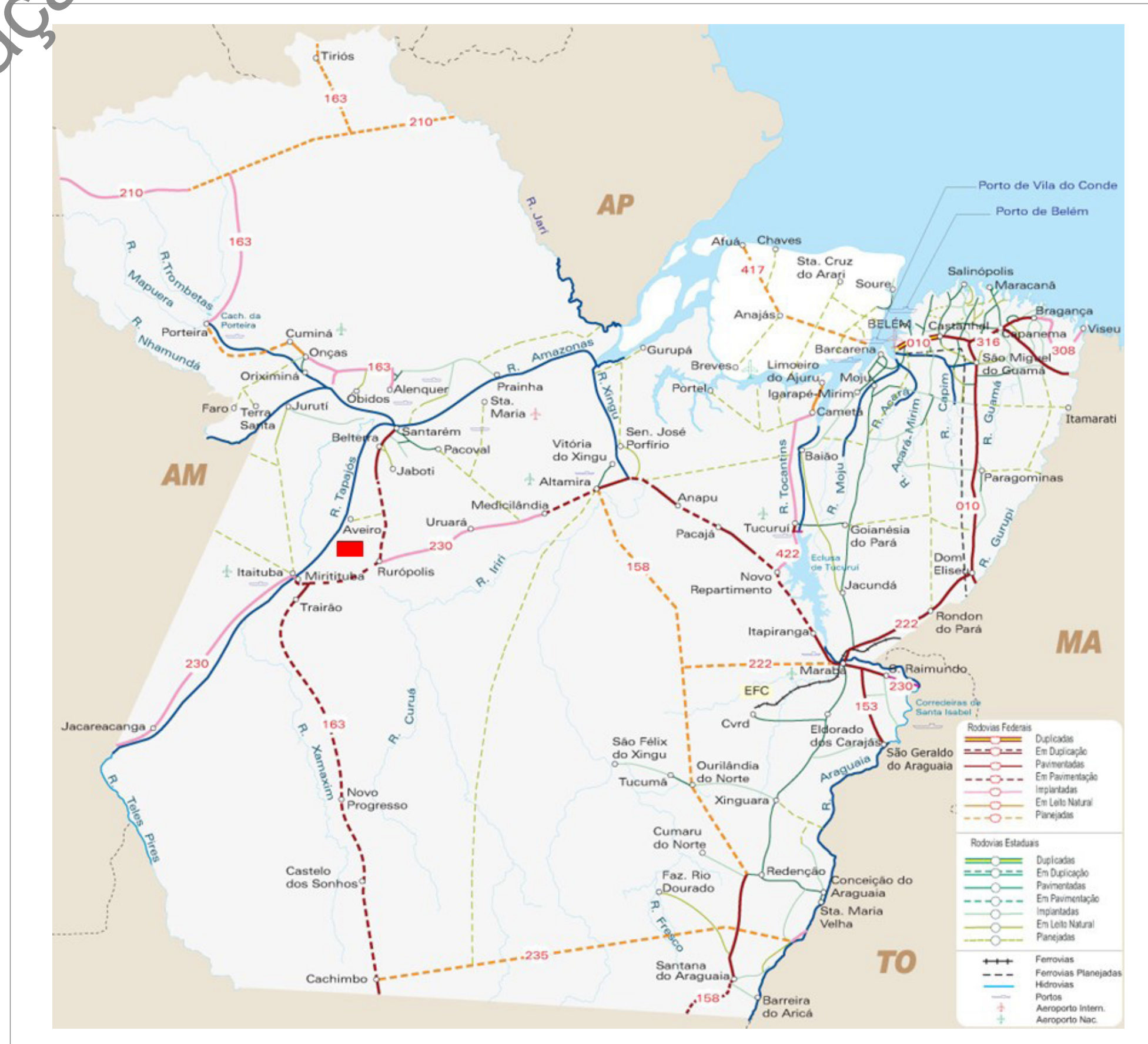


Figura 4 - Figura 4 – Mapa com a infraestrutura rodo-hidro-ferroviária do Estado do Pará em 2012 (Conforme Ministério dos Transportes). Localização aproximada da área com os depósitos de calcário destacada pelo retângulo vermelho (Fonte: <https://www.infoescola.com/mapas/mapa-rodoviario-do-para/>)



Figura 5 - Torre de controle do aeroporto municipal de Itaituba (Fonte: WIKIPÉDIA, 2021).

O outro terminal é para o transporte de passageiros, com várias operadoras de linhas regulares ligando Itaituba a cidades como Santarém e Belém, e que atende Fordlândia, que dispõe de um pequeno cais de atracação.

Em relação a infraestrutura energética, de acordo com dados da ELETROBRAS (2021), linhas de transmissão de 138 KV ao longo da BR-230, conectam Itaituba a uma subestação localizada na cidade de Rurópolis, a qual integrada ao SIN (Sistema Interligado Nacional) através de linhões de 230KV que chegam a UHE de Tucuruí. A eletrificação no distrito de Fordlândia é fornecida através de linhas de energia instaladas ao longo da estrada de terra que une o distrito à BR-230, as quais conectadas aos cabos de 138KV. A concessionária responsável pela distribuição da energia no Pará é a Equatorial Energia (antiga Centrais Elétricas do Pará – CELPA).

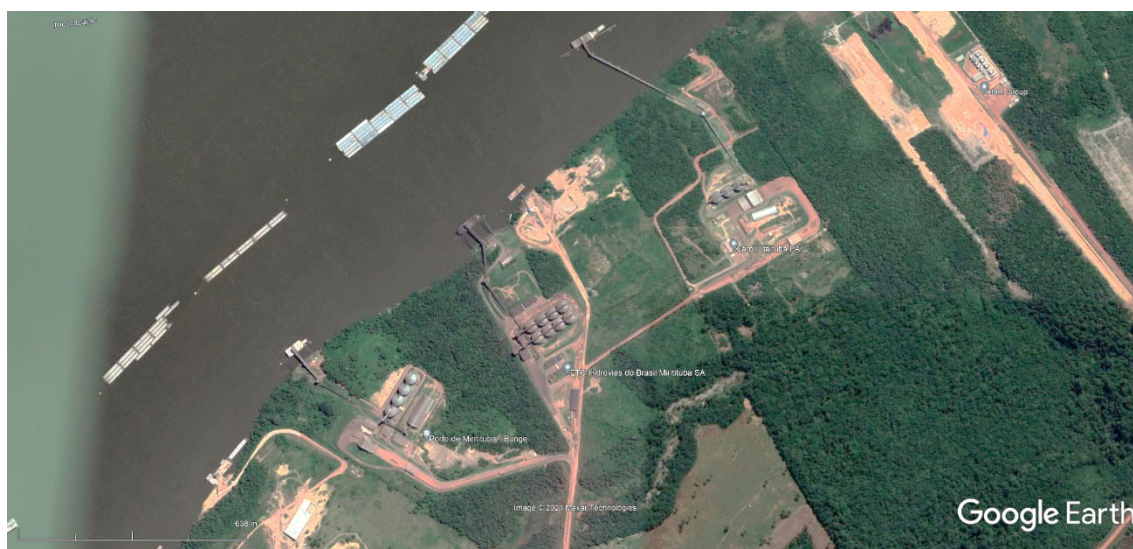


Figura 6 - Vista aérea do complexo portuário do terminal de uso privado (TUP) de Miritituba, em Itaituba, Pará (Google Earth, 2021).

3. ASPECTOS LEGAIS

O quadro 1 mostra os processos e seus respectivos números de alvarás com autorização para pesquisa de gipsita, assim como a data de publicação no DOU, relativos a oito áreas requeridas e protocolizadas à CPRM junto ao então Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração – ANM, cujos os dados sobre os recursos da gipsita são objeto de reavaliação pelo presente Informe. As oito áreas selecionadas, onde foram constatadas as ocorrências de gipsita, foram foco do denominado Projeto Itamaguari (Pesquisa de Gipsita-Rio Cupari), realizado pela CPRM em 1975, sendo o histórico processual de cada uma delas detalhado no subitem 3.1, a seguir.

QUADRO 1 - RELAÇÃO DOS PROCESSOS ARROLADOS PELO PROJETO ITAMAGUARI E SUA SITUAÇÃO LEGAL.

ÁREA	PROCESSOS ANM	ALVARÁ	PUBLICAÇÃO DOU
II	802.189/73	1697/73	07/11/1973
III	802.190/73	1698/73	07/11/1973
IV	802.191/73	1699/73	07/11/1973
VI	802.193/73	1990/73	05/12/1973
VII	802.194/73	1991/73	05/12/1973

Quadro 1 (continuação)

ÁREA	PROCESSOS ANM	ALVARÁ	PUBLICAÇÃO DOU
VIII	802.195/73	2006/73	07/12/1973
IX	802.196/73	2007/73	07/12/1973
X	802.197/73	1992/73	05/12/1973

3.1. ANÁLISE PROCESSUAL

A análise processual se deu em junho de 2021, através de consultas de cópias integrais dos processos originais, arquivado na sede da ANM em Belém, estado do Pará. Como supracitado, os oito processos levantados compõem o projeto de pesquisa própria da CPRM intitulado Pesquisa de Gipsita-Rio Cupari (Itamaguari), que originalmente abrangia 10 processos, sendo dois deles (802.188/73 e 802.192/73) porém, descartados pelo projeto devido a resultados negativos para ocorrência de gipsita em furos de sondagem. O histórico relativo aos principais eventos de cada processo é descrito a seguir. O quadro 2 apresenta um resumo com as reservas então quantificadas para cada área de processo.

Processo DNPM nº 802.189/73 (Área II)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/29
07/11/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1697 de 19/10/73 para pesquisar por 2 anos, gipsita em terrenos devolutos no lugar denominado Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Para, numa área de mil hectares, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a doze mil e duzentos e noventa e um metros e cinquenta e seis centímetros (12.291,56m), no rumo verdadeiro 66°33' NW, da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m E.	41
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 – 802.189/73 – 802.190/73 – 802.191/73 – 802.192/73 – 802.193/73 – 802.194/73 – 802.195/73 – 802.196/73 – 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	56/59
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 22.169.228 t. Reserva inferida: 8.815.928 t.	66
21/02/06	Mineração Palestina S.A., manifesta interesse em área pesquisada pela CPRM, integrante do Projeto Itamaguari, no município de Aveiro (PA). A área pretendida é uma das onze que compõem o mencionado projeto, exatamente aquela relacionada ao Processo DNPM 802.189/1973, Alvará 1697/73. A principal razão da escolha é o fato de estar mais próxima do porto natural existente na margem direita do Rio Tapajós, denominado Porto Tabocal. Outra, não menos importante, é que o minério aflora no interior de imóvel rural de propriedade do signatário.	s/n
21/02/06	O processo se encerra nesta folha.	s/n

Processo DNPM nº 802.190/73 (Área III)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/23
07/11/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1698 de 19/07/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a oito mil setecentos e sessenta e sete metros e sessenta e cinco centímetros (8.767,65m), no rumo verdadeiro de cinquenta seis graus cinco minutos noroeste (56°05' NW), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m W.	38/40
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 – 802.189/73 – 802.190/73 – 802.191/73 – 802.192/73 – 802.193/73 – 802.194/73 – 802.195/73 – 802.196/73 – 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	56/59
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 57.553.166 t. Reserva indicada: 42.808742 t. Reserva inferida: 41.319.450 t.	66
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.191/73 (Área IV)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/24
07/11/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1699 de 19/07/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a oito mil setecentos e sessenta e sete metros e sessenta e cinco centímetros (8.767,65m), no rumo verdadeiro de cinquenta seis graus e cinco minutos noroeste (56°05' NW), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: cinco mil metros 5.000 m N e 2.000 m W.	36/38
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	50/54
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 41.128.258 t. Reserva indicada: 21.164.194 t. Reserva inferida: 41.240.610 t.	60
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.193/73 (Área VI)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/24
05/12/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1990 de 22/11/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a 5.887,37 m no rumo verdadeiro (33°49' SW), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m E.	36/37
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	51/54
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 855.107 t. Reserva indicada: 4 135.269 t. Reserva inferida: 8.125.920 t.	60
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.194/73 (Área VII)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/24
05/12/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1991 de 22/11/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a 4.944,75 m no rumo verdadeiro (08°25' NE), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m W.	36/37
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	48/51
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 7.965.727 t. Reserva indicada: 6.972.227 t. Reserva inferida: 12.335.400 t.	58
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.195/73 (Área VIII)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/24
07/12/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 2006 de 22/11/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a 4.944,75 m no rumo verdadeiro (08°25' NE), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m E.	36/37
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	49/52
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 2.385.045 t. Reserva indicada: 18.577.548 t. Reserva inferida: 33.058.885 t.	59
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.196/73 (Área IX)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/23
07/12/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 2007 de 22/11/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a 6.800 m no rumo verdadeiro (44° NE), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m W.	35/36
29/12/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	48/51
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 12.811.039 t. Reserva indicada: 42.803.123 t. Reserva inferida: 26.185.059 t.	58
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

Processo DNPM nº 802.197/73 (Área X)

DATA	HISTÓRICO DO PROCESSO	FOLHAS
05/02/73	CPRM protocolizou requerimento de pesquisa para GIPSITA, em uma área de 1.000,00 ha, em terras devolutas no local denominado Manoel João, distrito e município de Aveiro, Estado do Pará.	01/23
07/12/73 DOU	Obteve o alvará de pesquisa nº 1992 de 22/11/73 para pesquisar por 02 anos, gipsita em terrenos devolutos no local denominado de Manoel João, Distrito e Município de Aveiro, Estado do Pará, numa área de 1.000,00 ha, delimitada por um retângulo, que tem um vértice a 6.800 m no rumo verdadeiro (44° NE), da confluência do Igarapé do Ouro com o Rio Cupari e os lados divergentes desse vértice, os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 5.000 m N e 2.000 m W.	35/36
29/10/75	CPRM protocoliza relatório final de pesquisa único para os processos 802.188/73 - 802.189/73 - 802.190/73 - 802.191/73 - 802.192/73 - 802.193/73 - 802.194/73 - 802.195/73 - 802.196/73 - 802.197/73. Relatório não está apenso a este processo.	45/48
18/03/76 DOU	Aprovado o relatório final em 13/02/76, para GIPSITA, consignando as seguintes reservas: Reserva medida: 6.474.196 t. Reserva indicada: 28.934.579 t. Reserva inferida: 24.474.330 t.	55
	O processo se encerra em folha s/n.	s/n

QUADRO 2 - RESUMO DOS PROCESSOS ANALISADOS, COM AS RESERVAS QUANTIFICADAS PARA CADA ÁREA (FONTE: PROJETO ITAMAGUARI/PESQUISA DE GIPSITA-RIO CUPARI – CPRM, 1975).

PROCESSO DNPM Nº	MUNICÍPIO	ALVARÁ DE PESQUISA	AREA (ha)	APROVA DO RFP DOU	RESERVA MEDIDA (t)	RESERVA INDICADA (t)	RESERVA INFERIDA (t)
802.189/73	AVEIRO-PA	1697/73	1.000	18.03.76	22.169.228		8.815.928
802.190/73		1698/73	1.000	18.03.76	57.553.166	42.808.742	41.319.450
802.191/73		1699/73	1.000	18.03.76	41.128.258	21.164.194	41.240.610
802.193/73		1990/73	1.000	18.03.76	855.107	4 135.269	8.125.920
802.194/73		1991/73	1.000	18.03.76	7.965.727	6.972.227	12.335.400
802.195/73		2006/73	1.000	18.03.76	2.385.045	18.577.548	33.058.885
802.196/73		2007/73	1.000	18.03.76	12.811.039	42.803.123	26.185.059
802.197/73		1992/73	1.000	18.03.76	6.474.196	28.934.579	24.474.330
TOTAL			8.000		151.341.766	165.395.682	195.555.582

4. HISTÓRICO DO PROJETO

De acordo com os projetos históricos Itamaguari (Pesquisa de Gipsita-Rio Cupari) e Itamaguari II, relatos sobre as ocorrências de gipsita na região do rio Cupari são de longa data, cabendo, entretanto, informações documentadas a H. SIOLI quando realizou trabalhos de topografia e hidrografia na região em 1948. Mas, o interesse em detalhar essas ocorrências somente foi despertado em 1972 durante realização do mapeamento geológico da CPRM em regiões próximas pelo Projeto Jamanxim, que registrou ocorrência de gipsita localizada à margem esquerda do rio Cupari, no local posteriormente denominado de Manoel João, motivando o setor de pesquisas próprias da CPRM um reconhecimento preliminar da ocorrência. Nesta época concluiu-se então pela viabilidade em investir em trabalhos mais detalhados sobre ela, sendo, neste sentido, criado o Projeto Itamaguari, que teve como objetivo, além o estudo acurado das ocorrências de gipsita, avaliar seu potencial econômico, principalmente como matéria prima da indústria de cimento. Este projeto foi desenvolvido em duas etapas: Projeto Itamaguari e Projeto Itamaguari II.

No Projeto Itamaguari foram selecionadas e requeridas à pesquisa, junto ao DNPM (atual ANM), 10 áreas contíguas de 1000 hectares cada uma, localizadas aproximadamente a 8 km a montante da foz do rio Cupari no rio Tapajós, município de Aveiro (PA). O Projeto Itamaguari II, por sua vez, teve como objetivo de estudar duas áreas próximas àquelas do Projeto Itamaguari, com a finalidade de determinar a extensão da camada mineralizada. Esses projetos foram desenvolvidos pela CPRM entre os anos de 1973 a 1979, os quais geraram os seguintes produtos: (i) Plano de pesquisa preliminar do Projeto Itamaguari (1973); (ii) Estudo de viabilidade de pesquisa do Projeto Itamaguari (1974); (iii) Pesquisa de gipsita – Rio Cupari do Projeto Itamaguari (1975); (iv) Estudo de viabilidade de pesquisa do Projeto Itamaguari (1977); (v) Estudo de viabilidade de pesquisa do Projeto Itamaguari II (1977) e (vi) Relatório final de pesquisa do Projeto Itamaguari II (1979).

Os trabalhos de pesquisa foram executados pela Superintendência Regional de Belém, conduzidos pelo

geólogo José Lima da Costa, sob a coordenação dos geólogos Roberto Magalhães Reis e Fernando Pereira de Carvalho. A supervisão dos trabalhos foi realizada pelo Departamento de Pesquisas Próprias da CPRM, através do geólogo Benedito Carlos Damasceno e, posteriormente, pelo geólogo Hugo Silveira de Castro, da Divisão de Controle Técnico. O responsável técnico pela pesquisa foi o engenheiro de minas Eugenio Gomes Farias, da CPRM.

Conforme o Projeto Itamaguari, inicialmente foi programada uma malha de furos a trado e alguns poços, visando a seleção de áreas para sondagem rotativa. O espaçamento dos furos a trado foi definido de 2 x 2 km, sendo posteriormente reduzida para 500 x 500 m. Para as sondagens a diamante (sonda rotativa tipo Winkie GW15) os furos foram espaçados de 500 x 500 m, sendo que nas áreas de pesquisa correspondentes aos processos 802.189/73, 802.190/73, 802.196/73 e 802.197/73 obedeceram uma malha de 500 m N-S e 1000 m E-W.

Foram executados 18 poços de pesquisa (110,21 metros), 85 sondagens a trado mecanizado (482,9 metros) e 27 furos de sondagem (757,01 metros). Os mapas topográficos de base utilizados na pesquisa foram elaborados na escala 1:10.000 e 1:25.000, com curvas de nível de 10 em 10 metros e interpolações de 5 em 5 metros. A amarração das áreas foi concomitante aos trabalhos topográficos, que foram realizados por teodolitos Wild T1-A.

Em relação ao Projeto Itamaguari II, com duas poligonais referentes aos então processos 802.623/75 e 802.625/75, foram realizadas 24 sondagens rotativa a diamante, que totalizaram 523,35 m perfurados. Em virtude das razões expostas anteriormente, apenas dados de cinco furos de sondagem rotativa na área adjacente à poligonal 802.197/73 foram utilizados para auxiliar a modelagem geológica.

Registros fotográficos históricos realizados à época dos trabalhos de pesquisa do Projeto Itamaguari (Pesquisa de Gipsita-Rio Cupari) podem ser acompanhados nas figuras 7 a 12.



Figura 7 - Aspecto do acampamento das equipes de trabalho.



Figura 10 - Operação com trado mecânico.



Figura 8 - Gerador de energia montado à margem do rio Cupari.



Figura 11 - Operação com sonda rotativa Winkie GW15.



Figura 9 - Afloramento da camada de gipsita na margem esquerda do rio Cupari na localidade de Manoel João onde inicialmente foi descoberta.

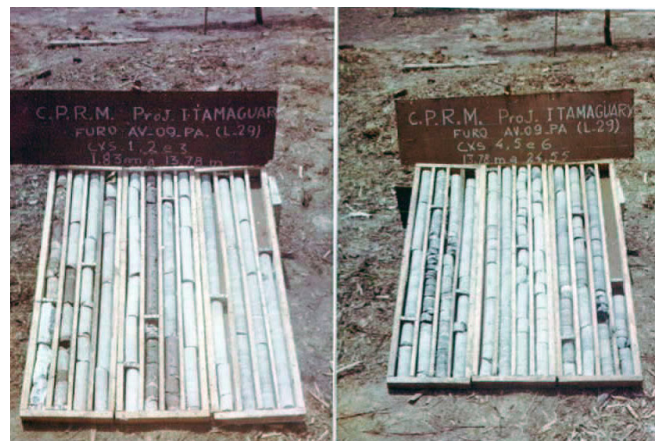


Figura 12 - Caixas com testemunhos do furo de sonda rotativa AV-09-PA.

5. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

A região possui clima equatorial, quente e úmido - Af, segundo a classificação climática de Köppen, com temperaturas elevadas e valores médios de temperatura mínima e máxima de 22,5°C e 31°C, respectivamente, com média anual de 25°C. Conforme o INMETRO (2020), em 2019 a média anual foi de 27,34°C, sendo neste período a máxima registrada de 36,7°C e a mínima de 21,6°C. As estações chuvosas coincidem com meses de dezembro a maio e as menos chuvosas, de junho a novembro. A precipitação pluviométrica aproxima-se aos 2.000mm anuais, sendo fevereiro e março os meses de maior precipitação e julho e agosto, os mais secos.

Os dados obtidos pelo INMETRO (2020), por intermédio do balanço hídrico da estação pluviométrica de Itaituba, registraram em 2019 média anual de precipitação de 1.882,9 mm, sendo janeiro o mês de maior precipitação e agosto e setembro, os de menor precipitação, conforme mostra a figura 13. Quanto à umidade relativa do ar, invariavelmente apresenta valores acima de 80% em quase todos os meses do ano e está diretamente relacionado ao volume de chuva.

A vegetação na região onde se inserem as área de trabalho é típica da hileia amazônica, do tipo "mata de terra firme", apresentando árvores de grande porte como a castanheira (*Bertholletia excelsa*), massaranduba (*Mimusops huberi*), samaumeira (*Ceiba pentandra* G.) e seringueira (*Hévea brasiliensis*). Fitoecologicamente, a área dos processos é composta por duas composições florísticas, que são a "Floresta Ombrófila Densa" e as

"Formações Pioneiras com Influência Fluvial". A primeira é um tipo de vegetação caracterizada como mata perez-nifolia (ou sempre verde) cujo dossel é de até 50 m, com árvores emergentes de até 40 m de altura. Possui densa vegetação arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias e palmeiras. As "formações pioneiras com influência fluvial", por sua vez, correspondem às formações vegetais adjacentes aos cursos de água e rios de pequeno e médio porte. Trata de uma classe de vegetação de primeira ocupação com caráter edáfico, que ocupa terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de solos ribeirinhos aluviais e lacustres. Especificamente na área dos processos há predominância de vegetação baixa e bastante fechada, frequentemente com cipóis e mata arbustiva densa.

Geomorfologicamente, a região com as áreas de processo está inserida no domínio Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, que representa extensas superfícies tabulares, de idade paleógena, recobertas por mata de terra firme e caracterizam-se por terrenos de cotas, entre 200 e 250m, com solos espessos, pobres e bem drenados, em geral, latossólicos amarelados (JOÃO, 2013). Essas superfícies são sustentadas por espessos perfis lateríticos maduros, aluminoferruginosos. Em algumas porções, porém, onde embasados por rochas sedimentares cretáceas da Formação Alter do Chão, esses platôs estão dissecados em cotas mais baixas em um relevo de colinas tabulares, ou mesmo em colinas fortemente dissecadas.

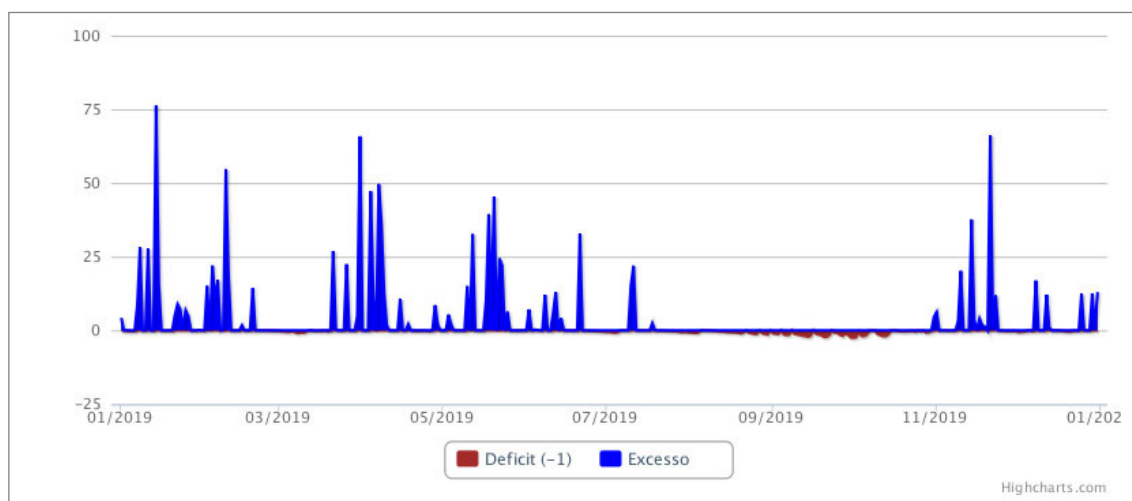


Figura 13 - Balanço hídrico da estação pluviométrica de Itaituba, indicando os períodos de maior e menor precipitação, no período de janeiro/2019 a janeiro/2020 (INMETRO, 2020).

Na área do baixo rio Cupari, onde localizados os ativos da CPRM, o relevo é descrito como formado por sequências de colinas suavemente onduladas e vales pouco profundos, distinguindo restritos platôs nos níveis de cotas mais elevadas com ocorrências de crostas lateríticas e níveis de cascalhos (CPRM, 1975). As margens do rio Cupari geralmente são formadas por barrancos íngremes com 3 m a 5 m de altura

em tempos de estiagem (verão), que são encobertos pelas águas durante os períodos de cheias dos rios. Com relação aos solos, são descritos como formados por argissolos vermelho-amarelos, caracterizados por horizontes de acumulação de argila com mistura de óxidos de ferro, e neossolos quartzarênicos, originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca (Figura 14).

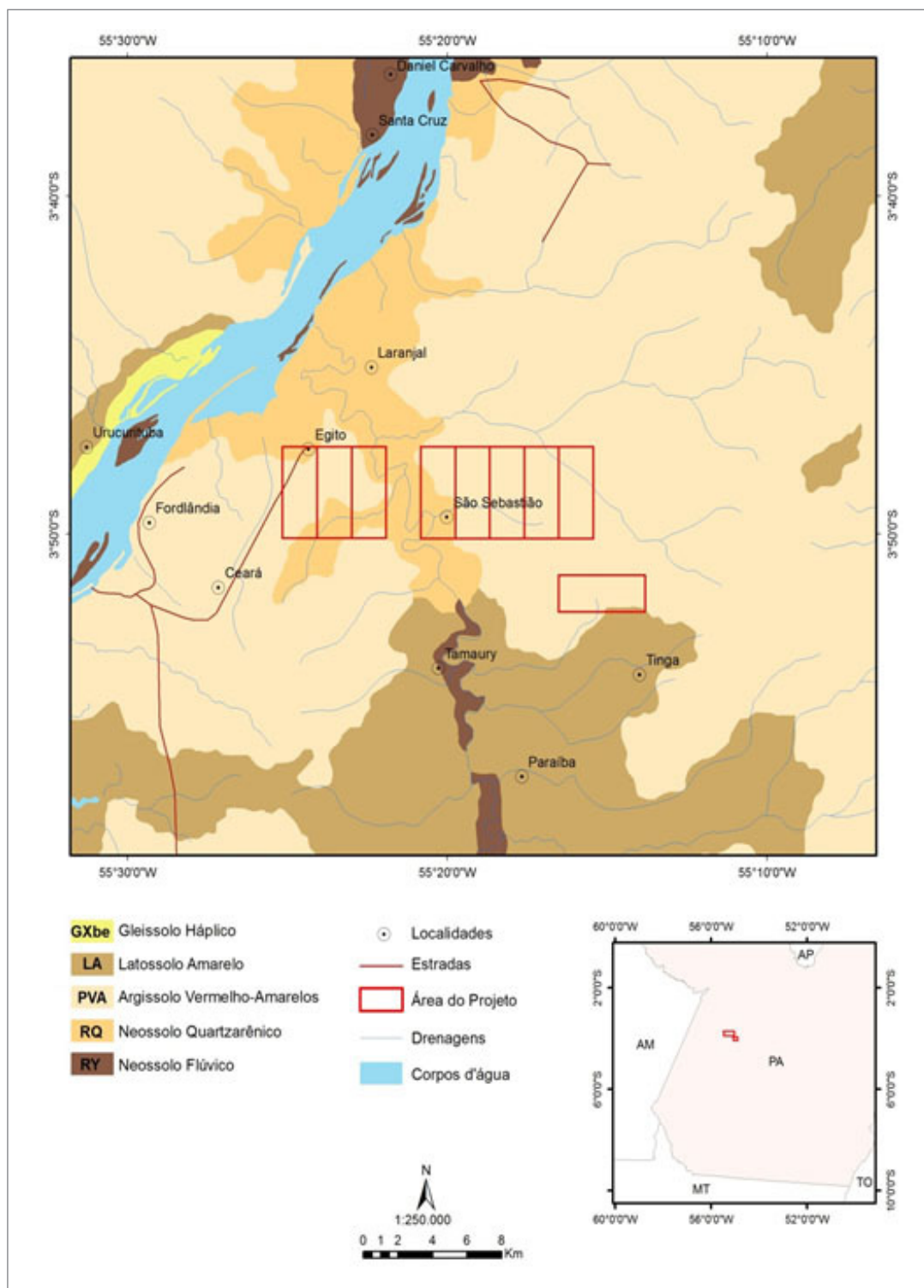


Figura 14 - Mapa de solos na região com as áreas de pesquisa da CPRM.

A rede de drenagem nas áreas de pesquisa está integralmente ligada a bacia do baixo curso do rio Cupari, sendo pouco densa, com, com apenas um curso d'água perene nos tempos de seca, o Igarapé Godinho, que é afluente pela sua margem direita e tem curso no sentido SE-NW, atravessando o extremo norte da área do processo 802.197/73. Na área do projeto, o rio Cupari tem curso bastante sinuoso e abundantes meandros (CPRM, 1975).

De modo geral, a dinâmica da rede de drenagem local é função direta dos regimes de chuvas na região, que mantém cheios os igarapés no inverno que tendem

a secar a medida em que se aproxima a estiagem. É curioso observar, entretanto, que em função dos diferentes períodos de chuvas que afetam a região das nascentes do rio Cupari daquela que forma o rio Tapajós, o nível d'água do rio Cupari, mesmo quando encerrado o ciclo das chuvas em suas cabeceiras, se eleva a 6 m acima do nível mínimo, devido ao represamento de suas águas pelo grande volume d'água ainda existente no rio Tapajós (SIOLI, 1949), possibilitando a navegabilidade de embarcações de médio calado até as áreas de pesquisa da CPRM mesmo na estiagem.

6. GEOLOGIA REGIONAL

Geologicamente, a região onde localizados as áreas com os depósitos de gipsita faz parte da Bacia do Amazonas, uma bacia do tipo intracratônica, que tem como embasamento rochas ígneas e metamórficas de natureza diversa do Craton Amazônico, o qual divide em duas partes, referidos aos Escudos das Guianas, ao norte, e Escudo Brasileiro (Escudo do Guaporé ou Brasil Central), a sul.

A Bacia do Amazonas é limitada a leste e a oeste, respectivamente, pelos altos estruturais relativos aos arcos de Gurupá e de Purus, o primeiro separando-a da Bacia do Marajó (Foz do Amazonas) e o segundo da Bacia do Solimões. A configuração física da bacia e suas relações com os contextos geológicos adjacentes é mostrada na figura 15 (WANDERLEY FILHO, 1991; WANDERLEY FILHO *et al.* 2005).

6.1. BACIA DO AMAZONAS

A Bacia do Amazonas é preenchida por uma sucessão de rochas paleozoicas após inversão da bacia rifte precursora e transição para uma bacia do tipo sinéclise, formando um empilhamento com aproximadamente 6.000 m de espessura no seu depocentro. A sucessão é intrudida por

diques e soleiras de diabásio do fim do Triássico e apresenta uma cobertura sedimentar do Cretáceo–Paleógeno (CAPUTO *et al.* 1971). A bacia ocupa áreas dos estados do Pará, Amazonas e Amapá, apresentando configuração na forma de um polígono alongado na direção WSW-ENE, com 1.300 km de comprimento, 380 km de largura média e área total de 500.000 Km² (CAPUTO, 2015).

O Arco de Purus, um graben invertido e formado por um empilhamento sedimentar neoproterozoico soerguido e arqueado (WANDERLEY FILHO; TRAVASSOS, 2011), define a separação entre as bacias do Amazonas e Solimões, que se mantiveram como unidades independentes com evolução geológica e tectônica distintas, sem conexão entre si desde o início da sedimentação no Devoniano até o Neocarbonífero (CUNHA; MELO; SILVA, 2007). O limiar da sedimentação paleozoica nessas bacias foi associado a transgressões marinhas vindas tanto pelo lado oeste como leste, e invadindo, respectivamente, a sub-bacia do Alto Amazonas (Solimões) e as sub-bacias do Baixo e Médio e Amazonas (Amazonas), como então definida a compartimentação estrutural de toda bacia amazônica. Com o decorrer do processo de erosão e

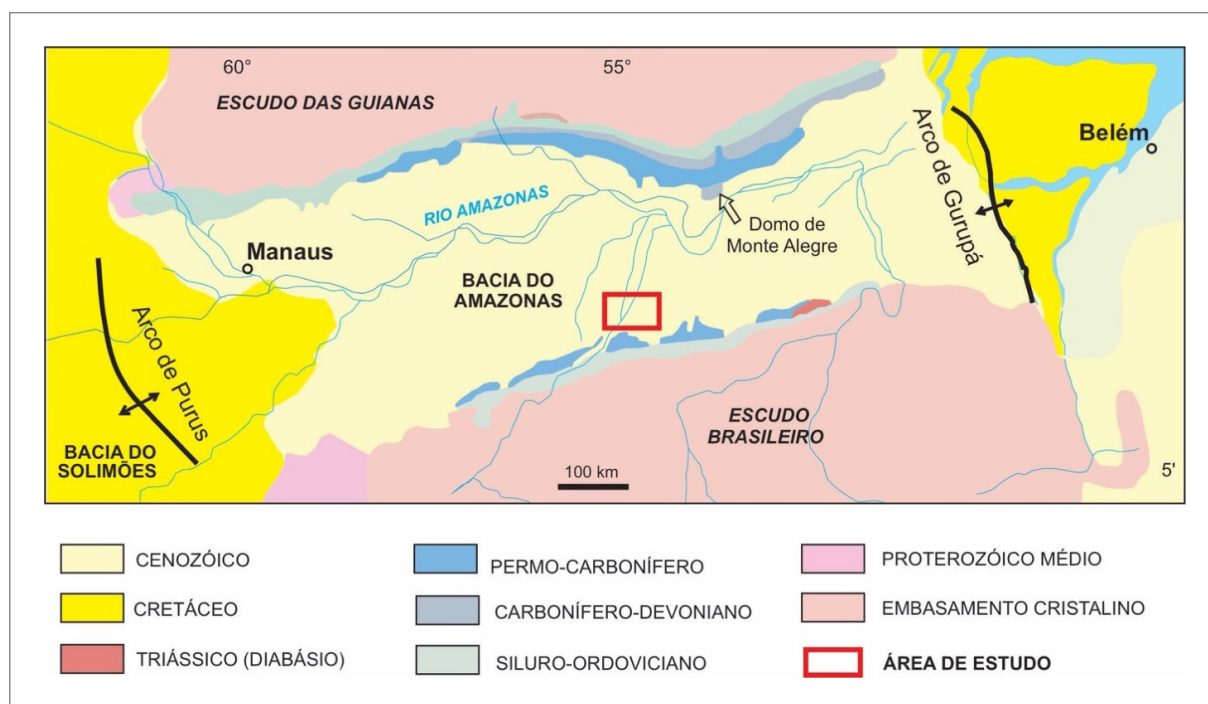


Figura 15 - Mapa da Bacia do Amazonas e suas relações com as entidades geotectônicas adjacentes. O polígono com limites em vermelho indica a localização da região onde inseridas as áreas de pesquisa da CPRM (Modificado de WANDERLEY FILHO, 1991; WANDERLEY FILHO *et al.* 2005).

aplainamento do Arco de Purus, então aflorante, um *onlap* costeiro vindo da Bacia do Solimões marcou a passagem marinha para a Bacia do Amazonas, que, com a elevação do nível do mar e intermitentes incursões marinhas rasas vindas de oeste, foi estabelecida uma conexão marinha em toda a região, atingindo até mesmo a Bacia do Rarnaíba, sob condições quentes e de clima árido, evidenciado por extensa sedimentação carbonático-evaporítica (CAPUTO, 2015).

A figura 16 ilustra a seção geológica E-W da Bacia do Amazonas com sua arquitetura tectônica, principais elementos estruturais e preenchimento ígneo-sedimentar, em que se evidencia a presença de estruturas de abatidas e escalonadas a leste decorrentes da tafrogenia mesozoica do Atlântico Sul (WANDERLEY FILHO *et al.*, 2005).

6.2. EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA DO AMAZONAS

Segundo BRITO NEVES *et al.* (1995) os eventos do Paleoproterozoico de caráter colisional foram importantes para a origem de núcleos cratônicos mais antigos do Continente Sul-Americano, com coalescência de vários blocos do Arqueano. Segundo estes autores, os sistemas sedimentares, vulcânicos e vulcano-plutono-sedimentares, então formados, desempenham hoje papéis distintos na estruturação do referido continente, isto após uma história evolutiva complexa que envolve pelo menos duas colagens orogênicas, uma no Mesoproterozoico e outra no Neoproterozoico (colagem brasileira).

Conforme UHLEIN *et al.* (2015), o Cráton Amazônico durante o Paleo-Mesoproterozoico fazia parte do supercontinente Columbia (ROGERS; SANTOSH, 2002), tempo em que foram gerados riftes vinculados à Tafrogenia Estateriana, ocorrida entre 1,8 e 1,6 Ga. Reconstruções paleogeográficas consideram que partes do Cráton

Amazônico estariam inseridas nos supercontinentes Laurentia, Báltica e Rodínia (UHLEIN *et al.*, 2015). Posteriormente, houve desagregação do supercontinente Rodínia, levando diferentes blocos a se aglutinarem durante o Ciclo Brasileiro-Panafricano, conduzindo à geração das faixas neoproterozoicas dos cinturões Araguaia, Paraguai e Brasília. A colagem ou colisão destas faixas neoproterozoicas permitiu, então, a inserção do Cráton Amazônico na Plataforma Brasileira. BRITO NEVES *et al.* (1995) assinala que HOFFMAN (1991) denominou de Supercontinente Rodínia a aglutinação de todas as massas preexistentes por volta de 1,0 Ga. No final do Neoproterozoico, ocorreu a formação do Supercontinente Gondwana e no final do Permocarbonífero, o Supercontinente Pangeia.

De acordo com CUNHA; MELO; SILVA (2007), a Bacia do Amazonas foi originada a partir da dispersão de esforços no fechamento do Ciclo Brasileiro. Em conexão com essa assertiva, a Faixa Araguaia-Tocantins, que ALMEIDA (1967) relaciona à orogenia Brasileira-Pan-Africana, é resultado de esforços compressivos na direção leste-oeste e alívio na direção norte-sul, sendo admitido, neste sentido, que essa zona de alívio corresponderia ao um rifte precursor da Bacia do Amazonas, e que esse mecanismo tenha ainda se propagado de leste para oeste em decorrência da reativação de antigas zonas de fraqueza pré-cambriana. Após esse evento extensional, o resfriamento engatilhou uma subsidência térmica regional e o desenvolvimento de uma sinéclise intracontinental (intracratônica), que é a Bacia do Amazonas.

No estágio final do ciclo brasileiro, entre 700 e 470 Ma, em condições tardi a pós-orogênicas, unidades sedimentares correlacionáveis às formações Prosperança (arenitos aluviais e fluviais) e Acari (carbonatos de planície de maré) acumularam-se sobre a recém-estabilizada plataforma Sul-Americana, que foram soerguidas e arqueadas vindo essas unidades a estruturar o Arco de Purus. É sugerido que as

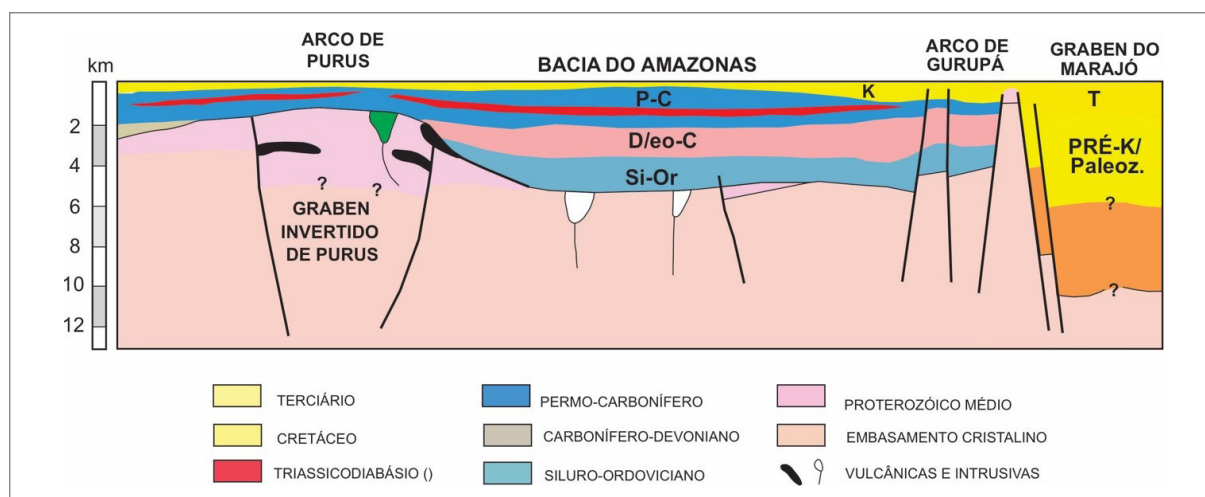


Figura 16 - Seção geológica E-W da Bacia do Amazonas e sua arquitetura tectônica e cronoestratigráfica (Modificado de WANDERLEY FILHO *et al.* 2005).

bacias do Amazonas e Solimões foram formadas no Neoproterozoico, durante a fragmentação do Supercontinente Gondwana e que a Bacia do Amazonas constitui um aulacógeno (rifte aberto) da junção tríplice que liga o Cinturão Araguaia (de idade brasileira) ao Cinturão Pan-Africano.

6.3 UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS DA BACIA DO AMAZONAS

O arcabouço estratigráfico da Bacia do Amazonas é formado por duas megassequências de primeira ordem, a primeira associada ao Paleozoico e a segunda ao intervalo Mesozoico-Cenozoico (CUNHA; MELO; SILVA 2007). A megassequência paleozoica é dividida em quatro sequências de segunda ordem, que são designadas como: (i) Ordovício-Devoniana (O-D); (ii) Devono-Tournaisiana (D-C); (iii) Neoviseana (mississippiana média) e (iv) Pensilvaniana-Permiana (C-P). Essas sequências são admitidas delimitadas por quebras significativas na sedimentação, como resultado de eventos

tectônicos na borda da Placa Gondwânica, expressas por discordâncias de caráter regional.

A sedimentação na Bacia do Amazonas é encerrada pela deposição em larga escala, entre o cretáceo superior e o cenozoico, de uma sequência basicamente continental, que é representada pela Formação Alter do Chão, depositada por sistemas fluviais e fluviolacustres a deltaico. Intrusões ígneas na bacia estão relacionadas ao magmatismo toleítico Penatecaua, de idade mesozoica (Triássico) e relacionado a uma tectônica transtensiva ligada a abertura do oceano Atlântico Norte (ISSLER *et al.*, 1974). Com relação as formações Prosperança e Acari, CUNHA *et al.* (1994) as associam a uma fase rifte precursora da bacia, representando a Formação Acari uma fase de transição rifte-sinéclise.

A figura 17 mostra a coluna estratigráfica formulada para toda a Bacia do Amazonas (CUNHA *et al.*, 1994), com indicação das orogenias que são consideradas como influenciadoras na sedimentação dos megaciclos sedimentares da bacia.

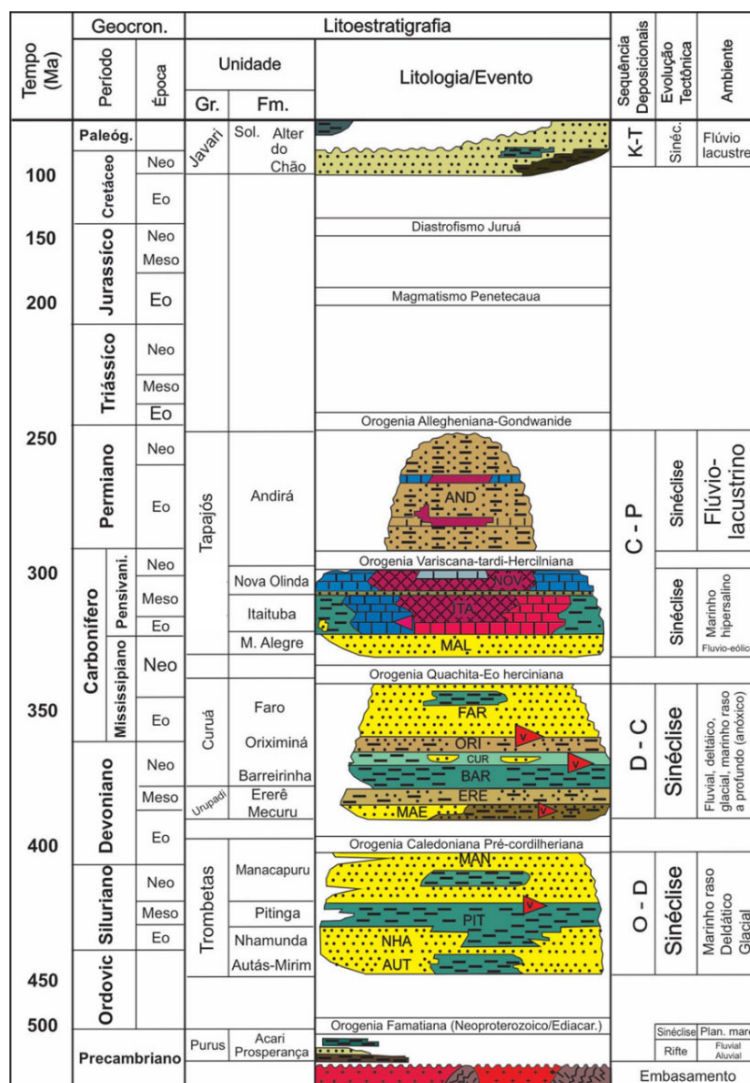


Figura 17 - Carta Estratigráfica da Bacia do Amazonas (CUNHA *et al.*, 1994).

6.3.1. Sequências Sedimentares da Fase Rífte-Síneclise

O Grupo Purus, neoproterozoico, com suas formações Prosperança e Acari, encerra os sedimentos de um estágio rífte precursor da Bacia do Amazonas de direção NNW-SSE. A Formação Prosperança (CAPUTO; RODRIGUES; VASCONCELOS, 1971) é constituída por arenitos, siltitos e arcóseos de cor branca, amarelada e avermelhada, os quais se intercalam com conglomerado, formado por seixos de quartzo, quartzito e riolito. Segundo os autores, os sedimentos da Formação Prosperança foram depositados em ambientes de leque aluvial, canais fluviais e lagos, que ainda incluiria sedimentos ligados à ambiente de planície deltaica, relacionada a um delta alongado com desembocadura em mar raso (NOGUEIRA; SOARES, 1996). A Formação Prosperança, com empilhamento sedimentar de 1.100 m, está soto-posta a rochas carbonáticas de planície de maré da Formação Acari, que teria espessura de até 400 m e que representaria de uma transição para a fase sinéclise da bacia (CUNHA *et al.*, 1994).

6.3.2. Sequências Sedimentares da Fase Sinéclise

Compreende a Megassequência Paleozoica de primeira ordem, que, como supracitado, é formada por quatro sequências de segunda ordem, denominadas de sequências Ordovício-Devoniana, Devonio-Tournaisiana, Neoviseana e Pensilvaniana-Permiana, limitadas por discordâncias regionais associadas a eventos tectônicos que afetaram a bacia durante o Paleozoico.

6.3.2.1. Sequência Ordovício-Devoniana

Esta sequência na Bacia do Amazonas registra o estágio inicial da deposição na sinéclise de natureza pulsante transgressivo-regressiva, compreendendo alternâncias de sedimentos glaciais e marinhos, que sugerem incursões de leste para oeste, e que ocorrem em *onlap* sobre o Arco Purus, que impedia a conexão com a bacia do Solimões (CUNHA; MELO; SILVA, 2007). A sedimentação se estendeu para a região do atual Arco do Gurupá—então inexistente—e esteve conectada com as bacias do noroeste africano. As rochas dessa sequência compõem o Grupo Trombetas, o qual subdividido nas formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru (CUNHA *et al.*, 1994).

A Formação Autás-Mirim abrange intercalações de arenitos e siltitos de ambiente flúvio-estuarino (CAPUTO, 1984). A Formação Nhamundá, por sua vez, está associada a um ambiente marinho raso, com influência de tempestades e geleiras, sendo composta

por arenitos finos a médio, encimados por folhelhos laminados intercalados com siltitos e diamictitos. A Formação Pitinga é de natureza glácio-marinha e inclui folhelhos, arenito finos e diamictitos, enquanto a Formação Manacapuru representativa de sedimentação em ambiente nerítico a litorâneo (CAROZZI *et al.*, 1975), formada por arenitos micáceos, finos a médios, e siltitos. Vale destacar, que o Membro Jatapu da Formação Maecuru, unidade pertencente ao Grupo Urupadi e que recobre o Grupo Trombetas, é reposicionado por CUNHA, MELO; SILVA (2007) no topo deste último grupo, que o elevaram à categoria de Formação. Segundo os autores, não existiria nenhuma descontinuidade significativa entre a base do Membro Jatapu e a Formação Manacapuru, sendo detectado, por outro lado, um considerável hiato temporal entre seu topo e a Formação Maecuru do Grupo Urupadi. Entretanto, independentemente dessa interpretação, a Orogenia Caledoniana (Pré-Cordilheirana) é admitida como responsável pela discordância entre os grupos Trombetas e Urupadi.

6.3.2.2. Sequência Devonio-Tournaisiana (Mississippiana Inferior)

Esta sequência, que relaciona um novo ciclo sedimentar de natureza transgressivo-regressiva na Bacia do Amazonas, é representada pelos grupos Urupadi e Curuá, os quais associados a um estágio deposicional marinho com incursões glaciais, e ainda sem conexão direta com a Bacia do Solimões, a oeste.

O Grupo Urupadi é constituído pelas formações Maecuru (Membros Jatapu e Lontra) e Ererê (CAPUTO, 1984), sendo considerada como uma unidade de terceira ordem e subdividida em ciclos menores de até quinta ordem, associados às oscilações climáticas oriunda das variações da órbita terrestre (CUNHA; MELO; SILVA, 2007). Seu ambiente de deposição é interpretado como fluviodeltaico a nerítico (CAPUTO; RODRIGUES; VASCONCELOS, 1972). O Membro Jatapu da Formação Maecuru ocorre na base e é constituído por arenitos finos com intercalações de folhelhos e siltitos, com camadas hematíticas na base (SANTOS *et al.* 1975; PASTANA, 1999). Este membro recobre em paraconformidade as rochas do Grupo Trombetas, e o contato superior e lateral com o Membro Lontra seria gradacional. O Membro Lontra é constituído por arenitos finos a conglomeráticos, brancos a cinza claros, micáceos, com estratificação, com contato gradacional com a Formação Ererê, alguns casos, abrupto (CAPUTO *et al.*, 1971). O ambiente deposicional é interpretado como um sistema de leques deltaicos interrompidos por uma rápida e curta transgressão marinha (CAPUTO, 1984).

A Formação Eremé é constituída por intercalações de siltito, arenito e folhelho, depositados em ambiente de planície de maré (CAPUTO, 2015; CAROZZI *et al.*, 1975). As rochas exibem feições de recristalização mineral, caracterizada pela muscovita, interpretada como alteração associada a intrusão de diques e soleiras do Diabásio Penatecaua (PASTANA, 1999).

O Grupo Curuá reúne as formações Barreirinha, Curiri, Oriximiná e Faro, que somadas totalizam 1420 m de empilhamento sedimentar. A Formação Barreirinha é constituída predominantemente por folhelhos negros, laminados, carbonosos, micáceos, piritosos e radioativos, que denotam ambiente deposicional de águas profundas, sob condições redutoras (CAPUTO, 1984). Seu contato superior com a Formação Curiri é gradacional. GONZAGA; GONÇALVES; COUTINHO (2000) destacam que os folhelhos da Formação Barreirinhas constituem o principal gerador de hidrocarboneto na Bacia do Amazonas.

A Formação Curiri (CAPUTO, 1984) consiste em folhelhos, siltitos, diamictitos e arenitos. O contato superior é marcado pela intercalação de siltitos e arenitos finos com folhelhos da Formação Oriximiná. O ambiente deposicional é interpretado como glacial.

A Formação Oriximiná (CAPUTO, 1984) consiste de arenitos finos a médios, brancos a avermelhados, maciços, micáceos, localmente com intercalações de siltitos, folhelhos e diamictitos. O ambiente de sedimentação é interpretado como fluvial e deltaico, com contribuição glacial (CAROZZI *et al.*, 1975). Seu contato superior com os arenitos da Formação Faro é abrupto, e por vezes gradacional.

A Formação Faro (CAPUTO *et al.*, 1971) é constituída por arenitos finos quartzosos, micáceos, com arenitos médios a grossos, ferruginosos, e arenitos finos avermelhados, subordinados, os quais encimados por siltitos laminados e folhelhos sílticos. O ambiente de sedimentação é interpretado como fluviodeltaico com influência de tempestade. O contato superior com a Formação Monte Alegre do Grupo Tapajós é discordante (CAPUTO *et al.*, 1971). A ausência de estratos do Neotournaisiano e Eoviense (Mississipiano Inferior e médio, respectivamente) encimando a unidade perfaz um hiato regional de 12 a 14 Ma com a Formação Monte Alegre, sendo essa lacuna atribuída a Orogenia Acadiana, que soergueu e erodiu a sequência Devono-Tourniana, desenvolvendo a discordância regional que separa a Formação Faro do Grupo Tapajós (MELO; LOBOZIAK, 2003). Entretanto, para CUNHA; MELO e SILVA (2007) a Formação Faro, isoladamente, constituiria a chamada Sequência Neoviseana, que seria produto do soerguimento e erosão da sequência Devono-Tournaisiana devido à Orogenia Acadiana, cuja separação do Grupo Tapajós seria devido ao recuo do mar associado a Orogenia Eo-Herciniana, ocasionando extenso processo erosivo do topo da unidade que levou 15 Ma.

6.3.2.3. Sequência Pensilvaniana-Permiana

Um novo ciclo transgressivo-regressivo relativo a sequência Pensilvaniano-Permiana formou o Grupo Tapajós (CAPUTO, 1984), que perfaz uma sucessão sedimentar com cerca de 2800 m de espessura. A sedimentação do Grupo Tapajós marca o recobrimento do Arco de Purus e a conexão entre as bacias do Amazonas e Solimões. A deposição é associada a mudanças climáticas, de frio para quente e árido, ocorridas na transição Carbonífero-Permiano (CUNHA *et al.*, 1994). O Grupo Tapajós é constituído pelas formações Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda, esta última hospedeira dos depósitos de gipsita do Rio Cupari.

A Formação Monte Alegre (CAPUTO *et al.*, 1972) encerra quartzarenitos médios a grossos, maciços e com estratificação cruzada de grande porte, localmente conglomeráticos e com raras intercalações de folhelhos. A Formação Monte Alegre foi depositada em ambiente flúvio-eólico intercalado com camadas de carbonato depositadas em ambiente marinho raso a restrito (MATSUDA; DINO; WANDERLEY FILHO, 2004). Grada lateralmente para a Formação Itaituba, com seu contato superior marcada por uma camada de anidrita dessa última unidade (CAPUTO *et al.* 1972).

A Formação Itaituba (CAPUTO *et al.*, 1972) é constituída na parte inferior por arenitos, folhelhos, siltitos e calcários, enquanto sua parte intermediária formada predominantemente por rochas carbonáticas, que ocorrem geralmente na forma de lentes espessas, contendo intercalações de folhelhos e siltitos. Na sua parte superior, predominam intercalações delgadas de folhelhos, arenitos, siltitos, anidrita nodular, e localmente calcário (PASTANA, 1999). A Formação Itaituba foi depositada em ambiente marinho raso a planície de inframaré (CAPUTO, 1984), e tem sua idade atribuída ao Carbonífero Médio (PLAYFORD; DINO, 2000a, b). O calcário da Formação Itaituba é constituído por bioclastitos com matriz biocalcítica ou calcissiltica e por calcissiltitos com fragmentos fosfáticos (CAROZZI; ALVES; CASTRO, 1975). Seu contato superior é concordante, posicionado a partir da gradação entre calcários/evaporitos da Formação Itaituba e folhelhos da Formação Nova Olinda.

A Formação Nova Olinda, do Carbonífero Médio (PLAYFORD; DINO, 2000b), abrange sedimentos químicos e evaporíticos (CAPUTO *et al.* 1972), sendo sua porção inferior constituída por arenitos finos a médios com matriz argilosa e folhelhos e siltitos, laminados e calcíferos. Na porção superior, a Formação Nova Olinda é essencialmente constituída por evaporitos (halita e anidrita) e lentes de calcário (CAPUTO *et al.* 1972). O ambiente é interpretado como marinho restrito hipersalino, associado a um ambiente flúvio-lacustrino (PLAYFORD; DINO, 2000a). O contato superior com a Formação Andirá é

erosivo, marcado por uma discordância de aproximadamente 21 Ma (MATSUDA *et al.*, 2004).

CUNHA; MELO; SILVA (2007) subdividem a Formação Nova Olinda em duas unidades de categoria hierárquica inferior, os membros Fazendinha, basal, e Arari, superior. O primeiro abrange essencialmente sedimentos químico-evaporíticos, depositados em ambientes marinho raso, de planícies de sabkha e lagos hipersalinos, sendo formado por folhelhos, carbonatos, anidritas, halitas e, localmente, sais mais solúveis (silvita). O Membro Arari registra o início da regressão marinha na bacia, caracterizado pela associação de folhelhos e siltitos com pacotes de halitas cristaloblásticas, e inexistência de carbonatos marinhos.

Embora reunida no Grupo Tapajós por CUNHA *et al.* (1994), a Formação Andirá (não aflorante na área) é limitada da Formação Nova Olinda por uma discordância devido a Orogenia Variscana-Tardi-Herciniana e representaria uma megassequência do Permiano (MATSUDA; DINO; WANDERLEY FILHO, 2004). Essa unidade caracteriza-se por uma sedimentação predominantemente continental, representada por siltitos e arenitos avermelhados (*red beds*) e raras anidritas, associados às fácies fluviais e lacustrinas, atestando, além dos efeitos da tectônica, uma mudança climática significativa, passando de frio para quente e árido (CUNHA; MELO; SILVA, 2007).

6.3.3. Sequências Mesozoico-Cenozoicas

Inclui duas unidades, o Diabásio Penatecaua (ISSLER *et al.*, 1974) e a Formação Alter do Chão (CAPUTO *et al.*, 1972).

O Diabásio Penatecaua compreende um conjunto de rochas ígneas básicas toleíticas do fim do Triássico que ocorrem como soleiras, diques e raros stocks cortando as unidades da Bacia do Amazonas. As rochas básicas do Diabásio Penatecaua formam soleiras com mais de 1.000 m de espessura na seção do Paleozoico (WANDERLEY FILHO *et al.*, 2005), sendo identificados na borda sul da Bacia do Amazonas, corpos alongados com extensão quilométrica, orientados na direção ENE–WSW e com anomalias gravimétricas negativas associadas. Na borda norte formam enxames de diques orientados segundo NE–SW e aproximadamente N–S, com continuidade nos domínios pré-cambrianos ao norte da Bacia do Amazonas, onde a unidade é denominada de Diabásio Cassiporé (OLIVEIRA *et al.*, 1975). Os diabásios são isotrópicos,

cinza escuros a preto esverdeados, microgranulares a inequigranulares médios.

As idades K-Ar em rocha total e plagioclásio (ISSLER *et al.*, 1974; SANTOS *et al.*, 1975 e ARAÚJO *et al.*, 1976) variam de 188 ± 6 a 130 ± 6 Ma, com predomínio de idades do Jurássico. Basaltos correlatos ao magmatismo Penatecaua na Bacia do Amazonas, no estado do Pará, datados por K-Ar em plagioclásio, indicaram idades 259 ± 6 e 252 ± 19 Ma e 140 ± 6 Ma (TEIXEIRA, 1978).

O amplo intervalo de idades do magmatismo do Mesozoico toleítico nas bacias fanerozóicas brasileiras tem sido correlacionado a diferentes estágios de abertura do Oceano Atlântico, com pulsos mais antigos associados ao rifteamento que levou a abertura do Oceano Atlântico Norte, e os pulsos do Cretáceo a abertura do Oceano Atlântico Sul (MILANI; ZALAN, 1999; MIZUSAKI; THOMAZ FILHO, 2004). De acordo com CAPUTO (2015), o magmatismo Penatecaua pertence a Província Magmática Atlântico Central (CAMP - Central Atlantic Magmatic Province) da transição Triássico-Jurássico e está associado ao início da fragmentação do Supercontinente Pangeia e à tectônica de reativação da Plataforma Sul-Americana.

A Formação Alter do Chão representa sedimentação principalmente continental entre o Neocretáceo e o Terciário (Paleógeno), sendo constituída por um espesso pacote de arenitos intercalados com camadas de pelitos e, em menor escala, de conglomerados. Os arenitos são finos a médios, marrom-avermelhados e variegados, argilosos, caulínicos, mal classificados, com estratificação cruzada. Os pelitos, representados por siltitos e argilitos em proporções variadas, são vermelhos e variegados, maciços ou laminados. O ambiente de deposição da unidade é interpretado como fluvial de alta energia/lacustrino-deltáico (DAEMON, 1975). Também é apontada influência marinha em algumas fácies dos depósitos da Formação Alter do Chão, na porção oeste da Bacia do Amazonas (ROSSETTI; NETO, 2006), sendo considerado a sedimentação da Formação Alter do Chão como tendo ocorrida entre o Eoceno e o Mioceno (CAPUTO, 2015). A Formação Alter do Chão recobre em discordância erosiva diversas unidades do Paleozoico, enquanto que o contato com a Formação Prosperança se dá em discordância angular e o embasamento cristalino em não conformidade. Na extremidade leste da bacia essa unidade recobre parcialmente o Arco de Gurupá, composto de rochas metamórficas e ígneas do Pré-Cambriano (CAPUTO, 2015).

7. GEOLOGIA LOCAL E CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS DE GIPSITA

Na região que abrange as áreas com os depósitos de gipsita as principais unidades aflorantes compreendem a Formação Nova Olinda, unidade do topo do Grupo Tapajós e hospedeira do minério, a Formação Alter do Chão e rochas ígneas básicas do Diabásio Penatecaua. Expressivos depósitos aluvionares quaternários, arenosos e argiloarenosos, se distribuem ao longo das margens dos cursos d'água que formam a bacia do rio Cupari, preenchendo calhas marginais e planícies de inundação (Figura 18). A estratigrafia completa, que seria representativa para a região onde inseridas as poligonais de pesquisa, é apresentada na figura 19 (CPRM, 1975).

Os contatos das rochas da Formação Nova Olinda com a unidade subjacente, a Formação Itaituba (não aflorante), são concordantes e gradacionais, enquanto que com os sedimentos neocretácicos-cenozoicos continentais da Formação Alter do Chão, marcados por discordância erosiva. Na área com as ocorrências de gipsita a Formação Nova Olinda é descrita como formada por camadas sub-horizontais de folhelhos de coloração cinza a amarelada com intercalações de siltitos, por vezes calcíferos, eventualmente contendo pirita. As camadas de gipsita ocorrem predominantemente no topo da seção, muitas vezes fraturada e preenchida por material argilo-calcífero em cores avermelhadas (CPRM, 1975).

Camadas da Formação Alter do Chão ocorrem recobrindo as rochas da Formação Nova Olinda e soleiras do Diabásio Penatecaua. A espessura das camadas é variável, podendo atingir até 30m, sendo formadas por argilitos avermelhados e arenitos finos a médios, também avermelhados, argilosos e mal classificados, com níveis conglomeráticos nas porções basais. Soleiras de diabásio foram anotadas em todas as áreas de pesquisa intrusivas nas sequências paleozoicas, com as melhores exposições registradas ao norte das poligonais do Bloco Oeste.

A gipsita forma camadas sub-horizontais presentes principalmente no topo da Formação Nova Olinda. Em geral, as camadas de gipsita são recobertas por um capeamento argilo-arenoso ou areno-argiloso, e até arenoso, com cores acinzentadas e avermelhadas, com frequente ocorrência de leitos de caráter conglomerático com seixos subarredondados de quartzo ou silito, que são sugeridos como oriundos da erosão das rochas da Formação Alter do Chão (CPRM, 1975). Blocos de laterita são anotados superficialmente, bem como fragmentos de gipsita com granulometria de seixos a matações dispersos no capeamento, que são sugeridos como oriundos do intemperismo

de camadas de minério. A espessuras do capeamento é muito variável, de modo geral, entre 3 m a 8 m, com máximos de 11 m e, excepcionalmente, até 18 m, conforme mostram os dados da sondagem. Três ocorrências com gipsita aflorante foram anotadas na área, uma das quais na margem esquerda do rio Cupari (Figura 18).

A gipsita apresenta coloração acinzentada, com variações para tons mais claros ou escuros, e pode apresentar hábito fibroso e cor branca, conforme registrado em alguns blocos dispersos pelo terreno e em algumas seções de sondagem. São caracterizados dois tipos de minério, a gipsita compacta e a fraturada, a primeira um minério praticamente com 100% de pureza, enquanto a gipsita fraturada encerra material argiloso, em geral calcífero, presentes em fissuras ou fraturas assim como em níveis subordinados e intercalados no minério, mas que também é considerada como parte integrante do minério aproveitável. As camadas de gipsita fraturada e compacta ora ocorrem formando seções interestratificadas de menor ordem de grandeza ora, como é mais comum, configurando camadas isoladas, espessas e contínuas, com espessuras, grosso modo, variando entre 5m a quase 30 m. Somadas, as camadas de minério, em alguns perfis de sondagens, chegam a mais de 40 m de espessura, normalmente com grande continuidade lateral.

Os leitos siliclásticos argilosos da Formação Nova Olinda, compostos por argilitos e mais raramente folhelhos, ocupam basicamente as partes inferiores nos perfis estratigráficos de sondagem, desaparecendo ou de ocorrência muito restrita em sentido de topo, onde predominam amplamente as camadas de gipsita. Não raro, camadas argilosas métricas interpoem-se aos níveis evaporíticos na seção superior da sequência. Em relação as camadas de gipsita fraturada, não são observados nenhum controle estratigráfico ou de outra natureza para eles, que podem ocorrer tanto nas partes superior como inferior do depósito. Sua origem é especulada como decorrente da transformação de anidritas.

A ocorrência de expressivos depósitos de evaporitos pertencentes à Formação Nova Olinda sugere um período prolongado com elevadas taxas de evaporação em um ambiente marinho ou lacustre. A conexão entre esses depósitos e os depósitos siliclástico e carbonático da Formação Itaituba subjacente sugere que os depósitos de gipsita do Rio Cupari foram formados a partir da formação de um sistema lacustre continental a partir do confinamento do "Mar" Itaituba a partir do Pensilvaniano. A intercalação de depósitos de gipsita com camadas

argilas ferruginosas (*red beds*) sugere um ambiente lacustre com altas taxas de evaporação, oxidação e elevada temperatura (clima árido). Eventualmente esse sistema lacustre era suprido por sedimentos terrígenos continentais adjacentes como sistemas fluviais efêmeros.

Como aventado pelas pesquisas, os depósitos foram originados provavelmente a partir da precipitação direta de sulfato em ambiente marinho e/ou lacustre em águas rasas em um processo contínuo de evaporação, como antes citado, sem sua reincidência em etapas distintas de evaporação, o que explicaria a formação de espessas e contínuas camadas de gipsita, que chegam a quase 20 m (CPRM, 1975). A origem da gipsita estaria em conexão

com a presença de calcários e de folhelhos piritosos da Formação Itaituba, que, com a oxidação das piritas, teria produzido águas sulfatadas que reagiram com os calcários levando a formação do sulfato de cálcio. A ocorrência dos depósitos de gipsita do Rio Cupari indica continentalização do Mar Itaituba, provavelmente, como resultado da formação do supercontinente Pangeia ao final do Paleozoico.

Na figura 20 imagens históricas mostram o aspecto das ocorrências da gipsita, inclusive a ocorrência na margem do rio Cupari, na localidade de Manoel João, a qual avaliada pelos geólogos do Projeto Jamanxim em 1972, que a indicaram como merecedora de estudos de maior detalhe, motivando as pesquisas da gipsita da região.

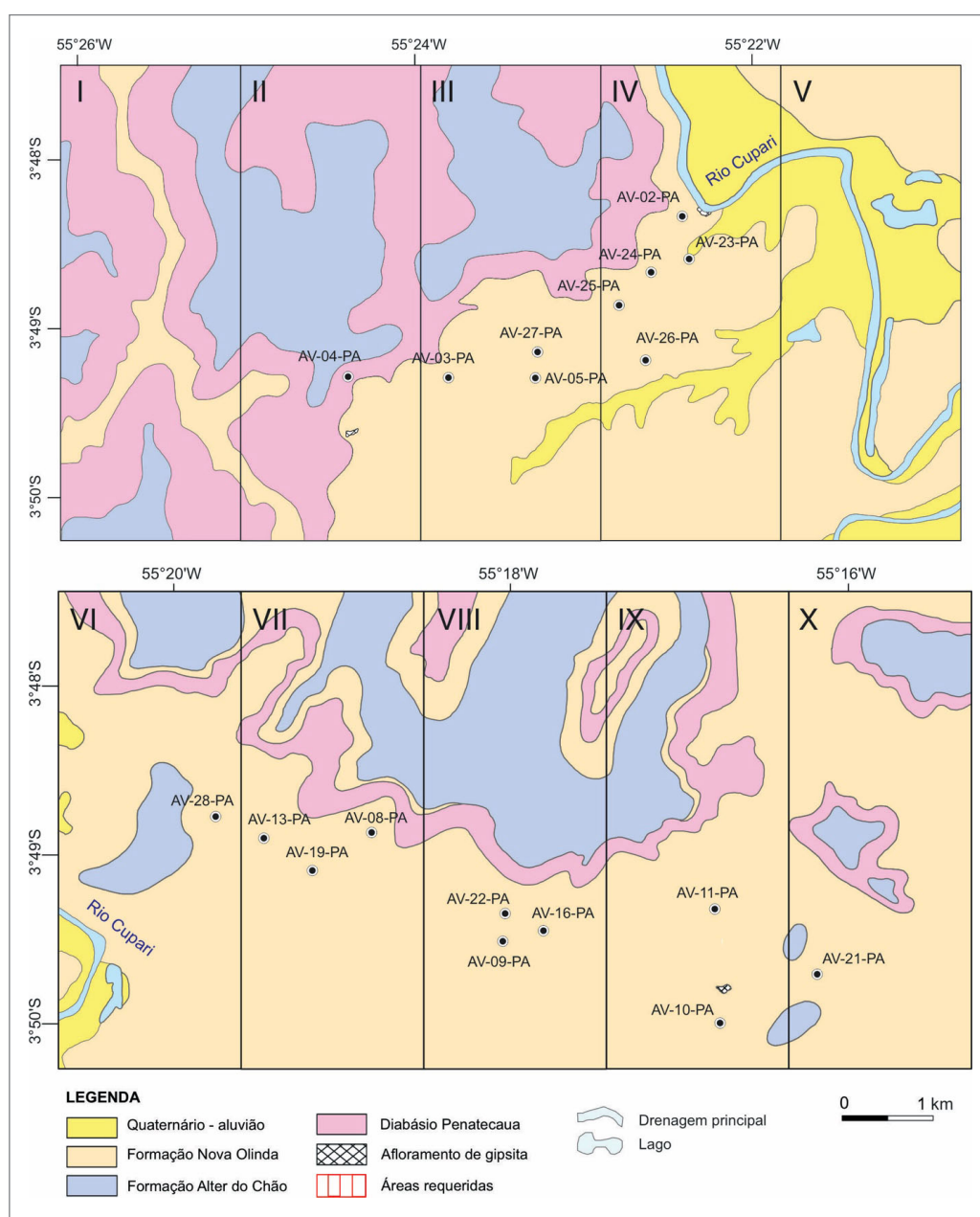


Figura 18 - Mapa geológico simplificado das áreas originalmente requeridas pela CPRM e que são referidas ao Projeto Itamaguari. As áreas de I a V compõe o Bloco Oeste, enquanto aquelas numeradas de VI a X, o Bloco Leste. As áreas I e V foram descartadas devido à ausência de minério em furos de sondagem. Notar nas áreas II, IV e IX pequenos afloramentos da camada de gipsita.



ERA	UNIDADE			LITOLOGIA E ESPESSURA (METROS)	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
	CRONOESTRATIGRAFIA		LITOESTRATIGRAFIA		
	PERÍODO	ÉPOCA			
CENOZOICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	ALUVIÕES		Sedimentos inconsolidados areno-argilosos e argilo-arenosos
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO	10 a 150	Intercalações de arenitos argilosos com conglomerados subordinados
		EOCENO			
		PALEOCENO			
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	DIABÁSIO PENATECAUA		Soleiras e diques de diabásio
		INFERIOR			
	JURÁSSICO	MÉDIO A SUPERIOR			
	PALEOZOICO	PERMIANO	INFERIOR A MÉDIO		
CARBONÍFERO		PENNSYLVANIANO	FORMAÇÃO NOVA OLINDA	250 a 3000	Siltitos cinza-claro a folhelhos cinza-escuro. Arenitos finos a médios por vezes argilosos. Calcário, gipsito e soleiras de diabásio
			FORMAÇÃO ITAITUBA	100 a 115	Calcário cinza-escuro por vezes argilosos (margas), intercalações de siltitos, folhelhos e arenitos
			FORMAÇÃO MONTE ALEGRE	38 a 64	Conglomerado basal com seixos de quartzo, arenitos grosseiros, médios a finos
			MISSISSIPIANO		
DEVONIANO		SUPERIOR	GRUPO CURUÁ	100 a 215	Folhelho cinza médio a negro, de aspecto ardosiado, tornando-se cinza-claro na base e com intercalações de siltitos. Arenito médio e fino com marcas diversas
		MÉDIO			

Figura 19 - Quadro estratigráfico da região onde inseridas as áreas de estudo (CPRM, 1975).

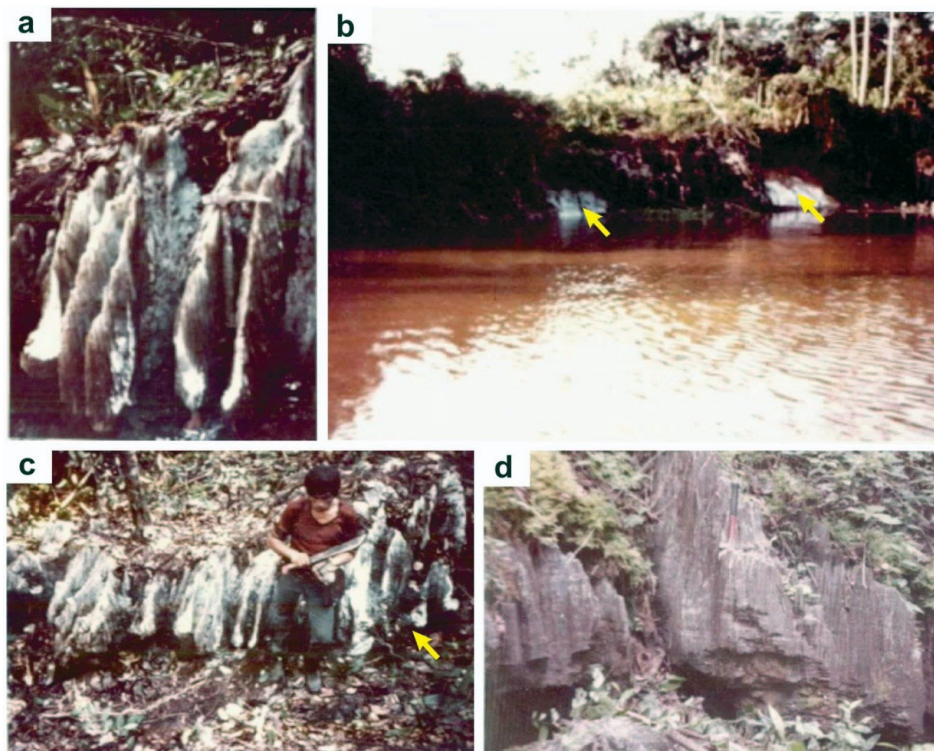


Figura 20 - Imagens históricas mostrando aspectos dos depósitos de gipsita do Rio Cupari. (a) Detalhe do afloramento de gipsita do setor Cupari oeste; (b) Vista geral do afloramento de gipsita (setas) à margem esquerda do Rio Cupari no local denominado Manoel João; (c) Vista parcial do afloramento de gipsita (seta) no setor Cupari oeste e (d) Aspecto de outro afloramento de gipsita na área de estudo.

8. PROCEDIMENTO DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS

Neste capítulo é apresentado o processo de resgate e conversão dos dados analógicos, que formam o acervo dos Projetos Itamaguari e Itamaguari II, para arquivos digitais. São detalhadas as formas utilizadas para a recuperação dos dados visando buscar padronizações necessárias à realização da modelagem geológica tridimensional e estimativa de recursos. Os dados analógicos foram obtidos por meio de acesso livre ao acervo institucional do SGB/CPRM que contém as documentações técnicas digitalizadas em formato PDF (CPRM, 1975 e 1979). Desses relatórios foram extraídos temas ligados a diferentes áreas de interesse dos quais foram selecionadas informações e dados considerados essenciais para os estudos de reavaliação do potencial da área e dos recursos geológicos dos depósitos. Esses trabalhos incluíram os relatórios finais de pesquisa dos Projetos Itamaguari e Itamaguari II, de onde foram compilados, entre outros, dados relativos aos mapas geológicos, topográficos, furos de sondagem, a trado, poços de pesquisa, dados de campo e resultados analíticos.

8.1. TRABALHOS DE PESQUISA DOS PROJETOS ITAMAGUARI E ITAMAGUARI II

Os Projetos Itamaguari e Itamaguari II foram implantados com o objetivo de pesquisar gipsita na região do Rio Cupari. Os trabalhos de pesquisa executados pelos dois projetos foram os seguintes:

- **Levantamento topográfico:** mapas topográficos nas escalas de 1:10.000 e 1:25.000, com curvas de nível de 10 em 10 m e interpolações de 5 em 5 m;

- **Poços de pesquisa:** foram executados dois tipos de poços, circulares, com diâmetro de 0,80 m e retangulares com dimensões de 1,20x1,00 m, totalizando 18 poços (110,21 m escavados);

- **Sondagens de trado mecânico:** foram efetuados 85 furos a trado somando 482,90 m perfurados. Porém, em 13 desses furos foram executados furos de sondagem, de forma que foi considerado ao final do trabalho um total de 72 furos a trado (435,65 m);

- **Sondagem rotativa:** após a delimitação das áreas promissoras e economicamente mais viáveis, foram executados 27 furos de sondagem (AV-02-PA a AV-28-PA) a diamante com diâmetro BX (757,01 m), tendo como finalidade atravessar a camada de gipsita. No projeto Itamaguari II foram executados apenas furos de sondagem rotativa, somando 24 furos de sondagem (AV-78-PA a AV-91-PA e AV-97-PA a AV-106-PA) a diamante com diâmetro AX (523,35 m);

- **Amostragem e análises químicas:** a amostragem na sondagem rotativa foi contínua em todo perfil perfurado, excetuando no capeamento. As amostras foram divididas em comprimentos compatíveis com a camada de gipsita e obedecendo ao perfil do furo. As análises químicas foram efetuadas no LAMIN-RJ visando a determinação de CaO, SO₃, PF e H₂O a 230°C. O percentual de gipsita nas partes fraturadas foi determinado no Laboratório de Química da Agência Belém da CPRM, através de um peneiramento a úmido, em coluna vibratória com peneiras de 325 mesh, eliminando-se a argila existente. A determinação de peso específico foi realizada em apenas algumas amostras de testemunhos.

O quadro 3 sintetiza as quantidades relativas aos furos de sondagem, trado mecânico e poços de pesquisas (elementos de pesquisa), assim como as metragens totais pertinentes a cada um, executados pelos projetos Itamaguari e Itamaguari II.

8.2. GEORREFERENCIAMENTO E DIGITALIZAÇÃO DOS MAPAS

Para este fim, foi definido como necessário realizar o georreferenciamento dos mapas dos projetos Itamaguari e Itamaguari II para obtenção das coordenadas

QUADRO 3 - QUANTITATIVO RELATIVOS AOS FUROS DE SONDAEM E POÇOS DE PESQUISAS EXECUTADOS PELOS PROJETOS ITAMAGUARI E ITAMAGUARI II.

TIPO ELEMENTO DE PESQUISA	ITAMAGUARI		ITAMAGUARI II	
	QUANTIDADE	METRAGEM	QUANTIDADE	METRAGEM
Furos de Sondagem	27	757,01	24	523,35
Furos a Trado	72	435,65	-	-
Poços de Pesquisa	18	110,21	-	-
TOTAL	117	1302,87	24	523,35

geodésicas dos pontos relativos aos poços e furos de sondagem que constavam nos mesmos. Salienta-se que as coordenadas originais desses pontos se encontravam baseadas em um sistema para uso local, com as áreas de processo, controladas por um ponto de amarração (foz do igarapé do Ouro no rio Cupari). Com o georreferenciamento também foi feita a extração dos elementos hidrográficos e topográficos presentes nesses mapas, visando a elaboração de um Modelo Digital de Terreno.

Cabe ressaltar, que o sensoriamento remoto oferece vários instrumentos para elaboração de um MDT, formato no qual a topografia é trabalhada na modelagem geológica. No presente trabalho, foram experimentados dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Model*). Todavia, o MDT deve apresentar dados altimétricos da superfície, para os quais vegetação densa, típica da Amazônia, com dossel elevado, pode representar ruídos (GROHMANN, 2015). Observou-se que os modelos obtidos através das imagens de satélite apresentavam baixa aderência aos dados de campo observados nos relatórios da CPRM (DIAS, 1975 e CPRM, 1979) seja no que diz respeito aos valores de altimetria, seja principalmente nas formas de relevo apresentadas. Assim, considerando também a escala de detalhe e semi-detalhe do material trabalhado, optou-se pela digitalização das curvas de nível presentes nos três mapas para posterior conversão em um Modelo Digital de Terreno (MDT).

A digitalização compreendeu o georreferenciamento e a extração de dados. O georreferenciamento consiste em relacionar coordenadas planas de um sistema de projeção cartográfica no espaço bidimensional por meio de funções polinomiais (D'ALGE, 1997). A extração de dados foi feita através do desenho das feições (curvas de nível, hidrografia, pontos de poços, furos de sondagem, trados e afloramentos) identificadas no mapa dentro de um sistema de informações geográficas (SIG), convertendo os dados do formato matricial (raster) para vetorial (*shapefile*). Para este processo foi usada a plataforma ArcGIS Desktop 10.6.

Os mapas selecionados para digitalização foram duas cartas com isópacas do capeamento dos setores leste e oeste, na escala 1:10.000, do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975), nas quais constavam, além dos elementos cartográficos necessários para os trabalhos, a localização dos pontos pertinentes aos furos de sondagem, a trado mecânico e poços de pesquisa. Um terceiro mapa selecionado para digitalização consistiu a carta com a programação de sondagem, na escala 1:25.000, relativo ao anexo 2 do Projeto Itamaguari II (CPRM, 1979).

O georreferenciamento foi feito no sistema de coordenadas geodésicas Córrego Alegre, que posteriormente foi transformada para o sistema de coordenadas

plana SIRGAS2000, na Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), visando atender às recomendações da Resolução nº 01/2015 do IBGE. A mudança de projeção visou também adequar os dados gerados para importação e processamento ao programa de modelagem, que trabalha com unidades métricas, destacando-se, neste sentido, que as coordenadas constantes nos mapas estavam no formato geodésico (graus, minutos e segundos).

É importante ressaltar, que nas três cartas selecionadas não havia mais do que um par de coordenadas geodésicas, sendo necessário usar como referência inicial de posicionamento os contornos da área de requerimento de pesquisa da CPRM, cadastrados no sistema georreferenciado SIGMINE da ANM. Para aumentar a acurácia e reduzir as distorções inerentes ao processo de georreferenciamento, foi feito um levantamento de imagens aeroespaciais de boa resolução, que possibilitassem elaborar um georreferenciamento por pontos de controle. Esse tipo de posicionamento consiste na orientação da imagem com base em feições características da área, como confluências de rios e cruzamento de estradas. (D'ALGE, 1997). Optou-se por um cenário do sensor OLI (*Operational Land Imager*) do satélite LANDSAT 8, coletada em 21 de outubro de 2020, com resolução espacial de 30 m cuja faixa capturada cobre praticamente toda a área projeto, com baixa cobertura de nuvens. A imagem foi obtida através do sistema Earth Explorer do *Earth Resources Observation and Science* (EROS) do USGS. O material fornecido em sistema de coordenadas geodésicas WGS 84 também foi convertido para o sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000. Através da composição RGB das bandas 7 (para o vermelho), 5 (para o verde) e 2 (para o azul), obteve-se um cenário no qual foi possível identificar feições relativas ao relevo e principalmente à drenagem, que foram usadas como base para localização dos três mapas.

Nesse contexto, o leito do Rio Cupari foi o elemento principal adotado como referência durante o posicionamento do mapa. O processo foi feito através do método matemático polinomial de primeiro grau. Visando ampliar a acurácia do georreferenciamento, e com isso obter maior consistência do dado locacional, através da redução do valor do erro de RMS Error (*Root Mean Square*, ou o erro quadrático médio), foi inserida uma quantidade adequada de pontos de controle, distribuídos de forma uniforme. As três cartas foram georreferenciadas de forma integrada, visando obedecer a continuidade das áreas e obter uniformidade da informação. Observou-se nesse processo um significativo deslocamento entre os mapas georreferenciados em relação ao polígono cadastrado no SIGMINE. Para validação do georreferenciamento, também foram utilizadas imagens do sensor ASTER com resolução de 15

metros, bem como o mosaico de imagens do *basemap* da ESRI, disponível na plataforma ArcGIS.

Desta etapa, foram obtidos os três mapas dos projetos Itamaguari e Itamaguari II, georreferenciados em formato raster. Com essa informação foi possível visualizar na plataforma ArcGIS as informações pontuais dos mapas, como furos de sondagem, poços de pesquisas, sondagens a trados e afloramentos, e a partir deles extrair as coordenadas X e Y dentro do sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, com os dados armazenados em formato shapefile e tabulados com informações relativas as coordenadas, datum e meridiano central, entre outros.

Por fim, foi feita a digitalização das feições lineares do mapa georreferenciado, convertendo os dados georreferenciados do formato matricial (*raster*) para vetorial (*shapefile*). Devido às distorções geradas pelas diversas transformações feitas no material, e a necessidade de utilizar somente informações específicas, optou-se pela digitalização manual do mapa. Como produto final, para cada mapa, assim como realizado para os arquivos pontuais, foram gerados arquivos formato *shapefile* específicos com as curvas de nível, os corpos d'água e limites de áreas de restrição.

8.3. RESGATE DOS DADOS DOS ELEMENTOS DE PESQUISA

Os dados fundamentais para os estudos de modelagem geológica constituíram basicamente os metadados relativos as sondagens rotativas e a trado, e aos poços de pesquisas, constantes nos projetos Itamaguari e Itamaguari II. As informações dos furos de sondagem rotativa se encontram em boletins anexos aos relatórios finais de pesquisa (Figura 21) e são compostas pelas seguintes especificações: um cabeçalho com informações sobre a sigla do furo, cota, profundidade total do furo, número do alvará de pesquisa relacionado ao furo e dados locais, entre outros, além da seção litológica, com descrição sumarizada dos intervalos litológicos, os níveis amostrados e seus resultados analíticos, taxa de recuperação do furo e diâmetro do furo. Os dados sobre os poços de pesquisas e furos a trado, por sua vez, são apresentados em quadros internos ao relatório (Figuras 22 e 23) e incluem informações como o número do alvará de pesquisa pertinente, siglas de identificação, cota, profundidade e resultados (se positivo ou negativo para a ocorrência de gipsita). Conforme estabelecido como metodologia de trabalho na época, a execução dessas atividades operacionais era finalizada ao atingir o topo de uma camada de gipsita, e por isso não possuem descrição de intervalos litológicos, compreendendo apenas o capeamento superficial. É importante informar, que as siglas alfanuméricas que identificam os furos a trado e poços de pesquisas nos

projetos Itamaguari e Itamaguari II, por questões operacionais, se valem de algarismos decimais no controle de campo (Figuras 22 e 23). Porém, como o software de modelagem não aceita esse formato, as vírgulas foram substituídas por um caractere sublinhado (Furo: F-25,1 = F-25_1).

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM													
BOLETIM DE SONDAAGEM													
PROJETO	ITAMAGUARI	C.C.	2140	ALVARÁ	1991/73	PESQUISA DE	GIPSA	INTERESSADO	C.F.R.M.	SERIE	WINKLE 08-15	INCLINAÇÃO	VERTICAL
ESTADO	PARÁ	MUNICÍPIO	AVEIRO	DISTrito	AVEIRO	LEGAL	MANOEL JOÃO	COTA	43,00 m	PROFUNDIDADE	10,90	INÍCIO	04.02.74
												TÉRMINO	05.02.74
													CÓDIGO DO FURO
													AV - 14 - PA
L I T O L O G I A													
INTERVALO	PA	CM	PROFUND. (m)			PERFIL	DI	PROF. (m)	REC. %	CA. TEST.	AMOSTRADO	NAT. COMP.	REC. %
0,00	4,80	4,80				Argila siltosa amarelada, passando a cinza, a partir de 3,80 m.		2					
						Gipsita compacta, cinza clara, passando localmente a cinza escura.		6					
4,80	7,65	2,85				Argilito silício acinzentado, calcífero, com impregnações de pirita.		8					
7,65	10,00	3,25						10					

Figura 21 - Exemplo de um boletim de sondagem do relatório final de pesquisa do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

QUADRO I					
DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS POR ÁREA DE PESQUISA					
ÁREA	ALVARÁ	SIGLA	COTA (m)	PROFUND. (m)	RESULTADO
II	1697/73	G - 4,6	110,00	2,60	Negativo
		G - 6,3	95,00	9,00	"
		H - 4,6	110,00	5,00	"
		L - 5,6	53,00	4,00	Positivo
		M - 5,9	43,00	8,00	"
		N - 6,1	42,00	2,00	"
		N - 5,6	50,00	4,50	"
		N - 6	43,00	3,00	"
		O - 5	70,00	6,10	Abandonado

Figura 22 - Exemplo de um quadro com dados sobre os poços de pesquisa do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

QUADRO II						
DISTRIBUIÇÃO DOS FUROS DE TRADO POR ÁREA DE PESQUISA						
ÁREA	ALVARÁ	SIGLA	COTA (m)	PROFUND. (m)	RESULTADO	OBSERVAÇÃO
I	1696/73	F - 1,3	63,00	8,90	Negativo	
		L - 1,1	60,00	10,60	"	
II	1697/73	I - 5	88,00	13,60	Negativo	AV-04-PA
		J - 5	102,00	12,00	"	
		L - 3,1	59,00	5,30	"	
		L - 5	67,00	3,50	Positivo	
		L - 6,1	45,00	2,80	"	
		N - 3,1	78,00	12,60	Negativo	
		N - 4,1	70,00	12,00	"	
		P - 3,1	72,00	9,10	"	
		P - 5	50,00	3,85	Abandonado	
		P - 6,1	39,00	5,60	"	

Figura 23 - Exemplo de um quadro com dados sobre furos a trado mecânico do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

Para atender aos trabalhos da modelagem, esses dados foram organizados em cinco tabelas padronizadas denominadas “Collar”, “Survey”, “Geology”, “Recuperação” e “pt_gip_trado”, cujas informações arroladas por cada uma são apresentadas a seguir:

- **Collar**: dados relacionados ao posicionamento dos furos de sondagem, trado e poços de pesquisa;

QUADRO 4 - ESTRUTURA DAS TABELAS COLLAR, SURVEY, GEOLOGY, RECUPERAÇÃO E PT_GIP_TRADO. (ELABORAÇÃO: LUIZA LOPES DE ARAÚJO).

TABELA	COLUNA	DESCRIÇÃO DO ATRIBUTO DA COLUNA
COLLAR	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	Tipo	Tipo de elemento de pesquisa
	X	Coordenada X (E-W) UTM SIRGAS2000 ZONA 21S
	Y	Coordenada Y (N-S) UTM SIRGAS2000 ZONA 21S
	Z	Cota em metros
	LENGTH	Profundidade total do elemento de pesquisa
	SETOR	Nome do setor
	OBS	Observação sobre as informações recuperadas na tabela COLLAR
SURVEY	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	AT	Profundidade da medida de desvio
	DIP	Mergulho do desvio do elemento de pesquisa
	AZIMUTE	Azimute do desvio do elemento de pesquisa
GEOLOGY	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	FROM	Início do intervalo litológico “De”
	TO	Fim do intervalo litológico “Até”
	LENGTH	Comprimento do intervalo litológico
	SIGLA	Sigla do intervalo litológico
	DESCRIÇÃO	Descrição completa do intervalo litológico
RECUPERAÇÃO	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	FROM	Início do intervalo recuperado “De”
	TO	Fim do intervalo recuperado “Até”
	LENGTH	Comprimento do intervalo
	rec_perc	Percentual recuperado no intervalo
PT_GIP_TRADO	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	Tipo	Tipo de elemento de pesquisa
	X	Coordenada X (E-W) UTM SIRGAS2000 ZONA 21S
	Y	Coordenada Y (N-S) UTM SIRGAS2000 ZONA 21S
	Z	Cota em metros
	LENGTH	Profundidade final
	SETOR	Nome do setor

QUADRO 5 - CATEGORIAS DE LITOTIPOS CRIADAS PARA O ATRIBUTO SIGLA DA TABELA GEOLOGY PARA CARACTERIZAÇÃO DOS INTERVALOS ESTRATIGRÁFICOS (ELABORAÇÃO: LUIZA LOPES DE ARAÚJO).

CATEGORIA LITOTIPO	DESCRIÇÃO
AREIA	Intervalos nos quais o material descrito predominante é composto por areia
ARENITO	Intervalos nos quais o litotipo descrito predominante é o arenito
ARGILA	Intervalos nos quais o material descrito predominante é composto por argila
BEDROCK	Intervalos, abaixo da camada de gipsita, nos quais o litotipo descrito é argilito ou folhelho
CALCÁRIO	Intervalos nos quais o litotipo descrito é o calcário
CAP	Intervalos, acima da camada de gipsita, nos quais o material descrito predominante é composto por solo ou argila
DIAB	Intervalos nos quais o litotipo descrito predominante é o diabásio
FOLHELHO	Intervalos nos quais o litotipo descrito predominante é o folhelho
GIP_COMP	Intervalos nos quais o litotipo descrito predominante é a gipsita compacta
GIP_FRAT	Intervalos nos quais o litotipo descrito predominante é a gipsita fraturada ou gipsita com intercalações de argila
LENTE	Intervalos nos quais o material descrito predominante é composto por lentes de seixos

- **Survey**: orientação dos elementos de pesquisa (mergulho e azimute). Neste caso todos são verticais e, portanto, apresentam valores de 90 e 0, para mergulho e azimute, respectivamente;

- **Geology**: dados relacionados aos intervalos litológicos. No caso dos furos a trado e poços de pesquisa todo o intervalo de zero até a profundidade final foi considerado como capeamento;

- **Recuperação**: dados de percentual de recuperação do testemunho;

- **pt_gip_trado**: tabela criada para conter as informações de profundidade do topo da camada de gipsita nos trados e poços de pesquisa positivos.

Para a consecução dos trabalhos da modelagem para cada tabela ainda foi definida uma composição de parâmetros, que constituem seus atributos (coluna). Essa estrutura de dados é apresentada no quadro 4, onde é descrito o significado de cada atributo criado, cabendo destacar como dado fundamental para todas as tabelas o “elemento de pesquisa” (BHID), que compreende os furos de sondagem e poços de pesquisas, que são identificados por suas siglas de campo.

No campo “coluna” da tabela Geology foi criada uma informação considerada essencial para a modelagem, que é o atributo “SIGLA”, concebido com o intuito de

Na tabela Collar, conforme explicitado anteriormente, as coordenadas X e Y dos elementos de pesquisa foram obtidas a partir dos mapas georreferenciados, já que originalmente esses dados estão concebidos segundo um sistema de coordenadas, criado para uso local, que não são admitidas pelo software da modelagem. Na tabela Survey os campos “AT”, “DIP” e “AZIMUTE” foram criados, por serem informações de inserção obrigatória no software de modelagem (Leapfrog Geo v. 6.0).

Os dados relativos aos resultados analíticos encontram-se disponibilizados em anexos aos relatórios finais de pesquisa, constantes nos boletins de sondagem (Figura 21) e em certificados emitidos pelos laboratórios (Figura 24). A partir dos boletins de sondagem foram compilados os intervalos amostrados e analisados e seus resultados sobre os teores (%) de CaO , SO_3 e H_2O a 230°C e do material compacto (Rendimento). Já dos certificados, foram extraídas as informações sobre os números de campo (número da amostra) e do laboratório, e os mesmos resultados analíticos fornecidos pelos boletins (CaO , SO_3 ,

H₂O a 230°C), que ainda incluíram dados sobre a perda ao fogo e o rendimento da camada de gipsita. Além dessas análises, alguns certificados possuem valores analíticos para a SiO₂, R₂O₃, CaCO₃, MgO e resíduos insolúveis.

Figura 24 - Exemplo de um certificado com resultados analíticos do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

QUADRO 6 - ESTRUTURA DA TABELA ASSAY. (ELABORAÇÃO: LUIZA LOPES DE ARAÚJO).

TABELA	COLUNA	DESCRIÇÃO DO ATRIBUTO DA COLUNA
Assay	BHID	Nome do elemento de pesquisa
	N_AMOSTRA	Nome da amostra
	N_LAB	Número de laboratório da amostra
	FROM	Início do intervalo amostrado “De”
	TO	Fim do intervalo amostrado “Até”
	CaO	Resultado analítico de CaO (%)
	SO ₃	Resultado analítico de SO ₃ (%)
	H ₂ O_230	Resultado analítico de água a 230°C (%)
	PF	Resultado analítico de perda ao fogo (%)
	SiO ₂	Resultado analítico de SiO ₂ (%)
	R ₂ O ₃	Resultado analítico de óxidos de ferro e alumínio (%)
	CaCO ₃	Resultado analítico de CaCO ₃ (%)
	Al ₂ O ₃	Resultado analítico de Al ₂ O ₃ (%)
	MgO	Resultado analítico de MgO (%)
	Fe ₂ O ₃	Resultado analítico de Fe ₂ O ₃ (%)
	RI	Resultado analítico de resíduos insolúveis (%)
	RENDIMENTO	Resultado analítico de rendimento da camada de gipsita (%)
	OBS	Observações relacionadas à recuperação dos resultados analíticos
MODELAGEM	Identificação dos intervalos utilizados na modelagem	

Na recuperação e digitação dos dados analíticos as informações foram agrupadas na planilha Assay, que foi estruturada conforme apresentada no quadro 6. Cabe informar, que os dados analíticos dos boletins de sondagem reproduzem o que consta nos certificados analíticos, tendo, nesse sentido, como procedimento de boa prática, sempre que possível, priorizar a recuperação dos valores analíticos a partir desses últimos documentos. Porém isso nem sempre foi possível, por falta de legibilidade das informações no material disponibilizado.

Os problemas encontrados na recuperação dos dados estão descritos no campo “OBS” (observação) da tabela Assay. Uma situação crítica, que não foi possível encontrar uma solução, está relacionada aos furos com siglas AV-23-PA a AV-28-PA. Apesar de apresentarem intervalos litológicos amostrados e analisados, não foi possível obter os resultados analíticos correspondentes a esses intervalos, pois os boletins de sondagem não possuem esses dados (CaO , SO_3 e H_2O a 230°C), além do

que a quantidade de intervalos amostrados nos boletins difere da quantidade de resultados nos certificados pertinentes, impossibilitando a correlação de dados entre essas duas fontes. Portanto, na tabela Assay, os furos AV-23-PA a AV-28-PA apresentam apenas valores de rendimento.

Na tabela assay (Quadro 6) foi ainda criado um atributo (COLUNA) chamado “MODELAGEM” para identificar os intervalos passíveis de serem utilizados na modelagem, já que devido aos problemas encontrados nem todos os resultados analíticos digitados possuem o intervalo amostrado (FROM e TO), que é de inserção obrigatória no *software* Leapfrog Geo v. 6.0. Os resultados relacionados aos poços de pesquisa e de sondagem a trado se enquadram nesta última situação, razão pelo qual não foram utilizados para o trabalho. Todos os dados recuperados e digitados foram organizados e validados conforme os padrões necessários para utilização no *software* de modelagem implícita Leapfrog Geo v. 6.0.

9. MODELAGEM GEOLÓGICA 3D E ESTIMATIVAS DE RECURSOS

A modelagem geológica e estimativa dos recursos dos depósitos de gipsita considerou dois blocos de áreas distintos, os quais compreendem o Setor Oeste, composto pelas áreas dos processos DNPM nºs 802.189/1973, 802.190/1973 e 802.191/1973, e o segundo, o Setor Leste, formado pelas áreas dos processos do DNPM nºs 802.193/1973, 802.194/1973, 802.195/1973, 802.196/1973 e 802.197/1973. Como antes já destacado, o processo DNPM Nº 802.623/1973 foi considerado como área negativa pela ausência de intervalos mineralizados nos furos inseridos na sua poligonal, sendo descartado para os trabalhos.

A modelagem geológica tridimensional é uma metodologia de espacialização, interpretação e integração de dados em subsuperfície. Esse tipo de abordagem permite compreender melhor a distribuição espacial e as relações entre as unidades estudadas. Além disso, a modelagem geológica serve de base para a geração do modelo de blocos para o cálculo e estimativa de recursos.

A preparação do banco de dados é a primeira e mais importante etapa no processo de modelagem geológica 3D. A qualidade e confiabilidade do modelo gerado dependem diretamente dos dados de entrada utilizados em sua confecção. Contudo, não é sempre que se tem disponível dados em quantidade e qualidade ideais. Por outro lado, dependendo da escala e do objetivo do trabalho, essa questão pode ser contornada, desde que haja transparência nos métodos aplicados na preparação dos dados e na execução do modelo. Os dados utilizados na modelagem desses depósitos apresentam particularidades e limitações que necessitam ser pontuadas:

- Os furos a trado, poços de pesquisa, furos de sondagem e afloramentos, originalmente possuíam apenas coordenadas locais, baseadas nas picadas abertas e no ponto de amarração, sendo dessa forma necessário o georreferenciamento dos mapas para a retirada das coordenadas em UTM. As cotas consideradas foram as constantes nos perfis descritivos de sondagem e tabelas dos relatórios. Não foi realizada a verificação em campo da localização desses furos;
- As curvas de nível utilizadas para gerar a topografia foram digitalizadas a partir dos mapas topográficos gerados nos projetos Itamaguari e Itamaguari II. Porém, o ideal para a escala deste trabalho seria fazer um levantamento topográfico detalhe.

Tendo isso em vista, é importante ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho fornecem uma visão

global do potencial das áreas e auxiliam na compreensão da natureza e geometria desses depósitos. Entretanto, ainda carecem de detalhamento através da execução de furos de sondagem em uma malha regular, levantamento topográfico de detalhe, dentre outros estudos, que fogem do escopo do atual projeto.

9.1. METODOLOGIA

Como colocado anteriormente, para a finalidade do trabalho o depósito de gipsita da região estudada foi subdividido em dois blocos, Cupari Leste e Cupari Oeste, devido à descontinuidade lateral entre os processos 802.191/73 e 802.193/73. Apesar dessa subdivisão, aplicou-se essencialmente a mesma metodologia para a modelagem em ambos setores, que será apresentada de maneira unificada.

Previamente à modelagem, procedeu-se a validação do banco de dados, que contemplou a verificação de eventuais informações ausentes, intervalos com erros de digitação, intervalos duplicados, e a consistência da profundidade final do furo e dos intervalos “De” (FROM) e “Até” (TO), com eliminação de *gaps* (lacunas) e *overlaps* (sobreposições). A inserção dos dados validados no *software* de modelagem, Leapfrog Geo v. 6.0, foram obtidos de tabelas no formato csv (*comma separated values*), que compreendem as tabelas descritas no item 8.3: (i) *Collar* (coordenadas das bocas dos furos e as profundidades finais); (ii) *Survey* (orientação dos furos - mergulho e azimute, com valores respectivos de 90° e 0°/todos os furos verticais); (iii) *Geology* (intervalos litológicos descritos); “pit_gip_trado” (pontos do topo da camada de gipsita identificados nos furos a trado e poços de pesquisa positivos); e (iv) *Assay* (dados de resultados analíticos provenientes dos intervalos amostrados).

Na tabela *Geology* os furos a trado e poços de pesquisa possuem apenas o intervalo do capeamento, porque foram executados até atingir o topo da camada de gipsita, como enfatizado anteriormente. A tabela “pt_gip_trado”, por sua vez, contém os pontos (x, y e z) do topo da camada de gipsita identificados nos furos a trado e poços de pesquisa (positivos) e foi criada de forma a possibilitar a utilização dessa informação na interpolação da superfície do topo da gipsita. Essa metodologia difere da que foi executada pelo Projeto Itamaguari, no qual a espessura de gipsita para esses furos/poços foi calculada como a média aritmética de espessura de furos de sondagem próximos.

Os dados relacionados às feições digitalizadas dos mapas, como as curvas de nível e mapas geológicos, foram importados em formato *shapefile*. As superfícies topográficas dos setores Cupari Oeste e Cupari Leste, foram geradas a partir das curvas de nível e das cotas dos furos (trado, poço e sondagem). No caso dos três afloramentos constantes nos mapas geológicos do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975), que não possuíam originalmente cota, consideraram-se os valores retirados da topografia gerada.

A partir da inserção e visualização dos dados em ambiente 3D foi possível avaliar como seria feito procedimento de modelagem. Como a ocorrência da gipsita é limitada à Formação Nova Olinda, decidiu-se fazer dois modelos: um modelo geológico geral das unidades litoestratigráficas (Formação Alter do Chão, Diabásio Penatecaua e Formação Nova Olinda) de toda a área dos processos e um modelo refinado, com o detalhamento das camadas de gipsita, somente nas porções

consideradas como “reserva” no relatório do Projeto Itamaguari.

O modelo geológico geral foi construído a partir dos dados dos furos de sondagem e dos poços de pesquisa, cujo quantitativo é apresentado no quadro 7, e dos contatos das unidades delineados nos mapas geológicos do Projeto Itamaguari (CPRM, 1975). Esses elementos foram utilizados para a configuração dos mapas geológicos gerados em 3D das figuras 25 e 26, onde também constam os limites delineados para as áreas com reservas de minérios, conforme o Projeto Itamaguari, e para as quais foi realizada modelagem geológica refinada.

No modelo geológico construído, as unidades Formação Alter do Chão e Diabásio Penatecaua foram delimitadas apenas com os contatos do mapa geológico, enquanto a Formação Nova Olinda foi modelada com base nos contatos do mapa e nos poços e furos (trado e sondagem). Além disso, fez-se necessária a criação de

QUADRO 7 - QUANTITATIVO DOS AFLORAMENTOS, FUROS A TRADO, POÇOS DE PESQUISA E FUROS DE SONDAAGEM UTILIZADOS NA MODELAGEM DOS SETORES CUPARI OESTE E CUPARI LESTE.

TIPO (Elementos de Pesquisa)	SETOR CUPARI OESTE		SETOR CUPARI LESTE	
	QUANTIDADE	METRAGEM	QUANTIDADE	METRAGEM
Afloramentos	2	-	1	-
Furos a Trado	32	213,55	40	222,10
Poços de Pesquisa	18	110,21	-	-
Furos de Sondagem Rotativa	12	425,49	20	434,07
TOTAL	64	749,14	61	656,17

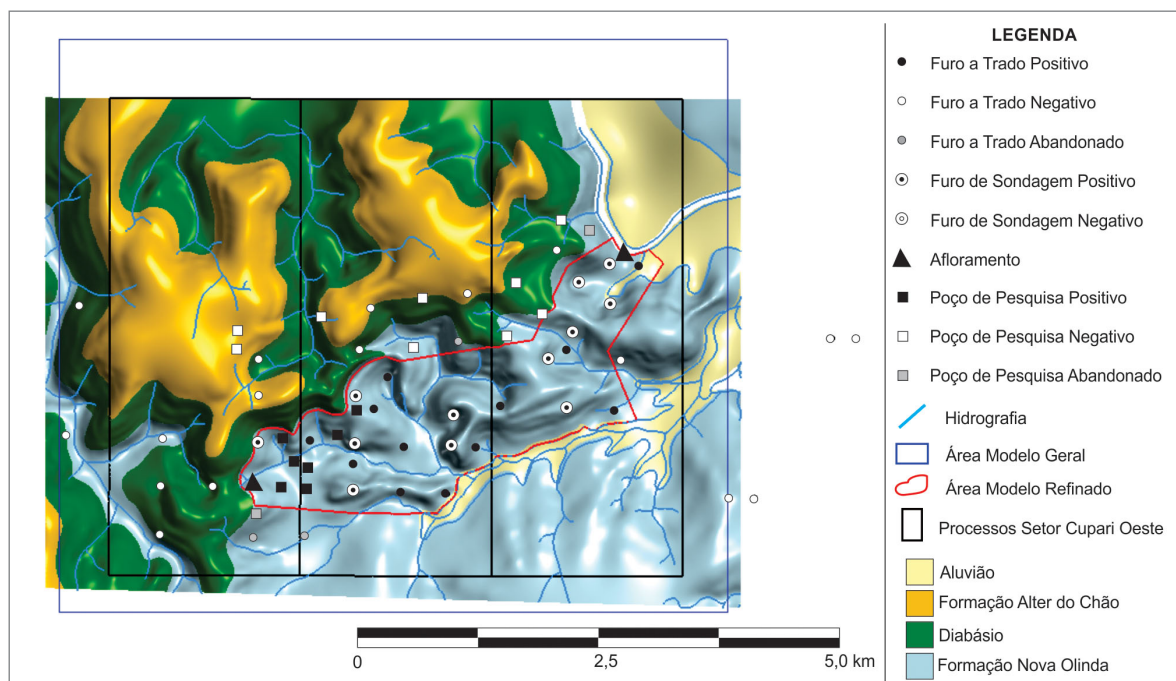


Figura 25 - Mapa geológico em 3D do Setor Cupari Oeste, com a poligonal (linha vermelha) delimitando a área com reservas de minério, conforme o Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

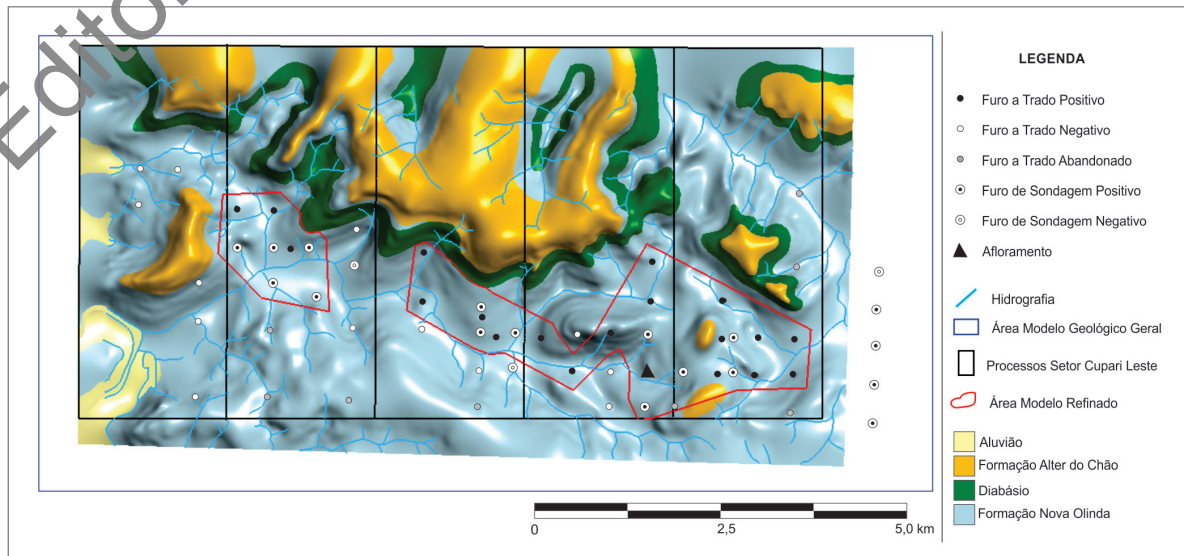


Figura 26 - Mapa geológico em 3D do Setor Cupari Leste, com as poligonais (linha vermelha) demarcando as áreas com reservas de minério, conforme o Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

uma coluna na tabela “*Geology*”, denominada “GERAL”, visando a simplificação das categorias litológicas dos perfis de sondagem descritas para o minério em uma única categoria, referida como “GIPSITA”. Ela agrupa os litotipos entre o “CAP” (capeamento-solo e material argiloso acima das camadas de minério) e o “BEDROCK” (argilitos e folhelhos abaixo das ocorrências de gipsita e sem registros de níveis evaporíticos). Este perfil estratigráfico é detalhado no modelo refinado. Exemplos desse agrupamento são observados na figura 27, relativos aos furos AV-24-PA (Setor Cupari Oeste) e AV-22-PA (Setor Cupari Leste).

Finalizado o modelo geral, foi gerado o “modelo geológico refinado” com o intuito de delimitar os níveis de gipsita fraturada, compacta e de argila dentro do sólido de “GIPSITA” do modelo geral. Para isso criou-se uma nova coluna na tabela “*Geology*”, denominada “LENTES”, com o detalhamento dos horizontes de gipsita fraturada (FRATURADA_W e FRATURADA_E) e de argila (ARGILA_E). O restante dos intervalos foi considerado como gipsita compacta (GIPSITA). Porém, não foi possível contemplar no modelo todas as variações litológicas, devido à pequena espessura de alguns níveis.

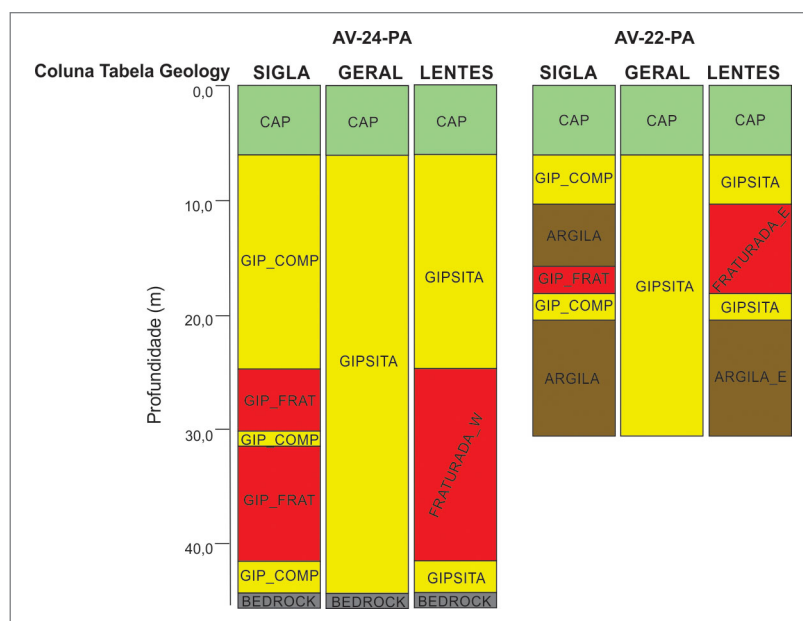


Figura 27 - - Perfis dos furos AV-24-PA e AV-22-PA com as colunas SIGLA (intervalos estratigráficos originais), GERAL (classificação modelo geral) e LENTES (classificação modelo refinado).

9.2. SÓLIDOS GERADOS

Neste subitem são apresentados os sólidos gerados nos modelos geológicos geral e refinado dos setores Cupari Oeste e Cupari Leste. Os modelos gerais apresentam a distribuição das unidades litoestratigráficas na área de estudo e serviram de base para a criação dos modelos refinados. Além disso, os modelos gerais foram utilizados para extrapolar a continuidade da camada de gipsita nas porções em que a Formação Nova Olinda não aflora e em regiões onde furos a trado e poços de pesquisa, considerados negativos ou abandonados, possam não ter alcançado a camada de gipsita. Essa extrapolação foi feita seguindo o mergulho e a espessura de gipsita dos furos de sondagem, indicando um potencial não explorado das áreas. Nesta avaliação é oportuno enfatizar que são consideradas como não aflorantes as camadas da Formação Nova Olinda encobertas pela Formação Alter do Chão e por soleiras do Diabásio Penatecaua.

Em relação ao “modelo refinado”, como antes citado, ele foi gerado apenas nas porções delimitadas como “reservas”, conforme reportadas ao DNPM (atual ANM) no relatório final de pesquisa do projeto Itamaguari (Figuras 25 e 26).

9.2.1. Modelos Gerais dos Setores Cupari Oeste e Cupari Leste

As figuras 28 e 29 mostram, respectivamente, os modelos gerados para os setores Cupari Oeste e Cupari Leste em forma de bloco diagrama, além de seções estratigráficas. As seções verticais A-B da figura 28 e C-D da figura 29 são aproximadamente N-S e ilustram bem o mergulho suave das camadas das unidades dos setores Cupari Oeste e Leste em sentido norte. As porções setentrionais de ambos os setores se caracterizam por cotas mais altas, onde afloram rochas do Diabásio Penatecaua e da Formação Alter do Chão, sendo provável, considerando a geologia da área, que a camada de gipsita se estenda por debaixo dessas litologias, como sugerem os blocos diagrama e os perfis estratigráficos supracitados.

A espessura da camada de gipsita nos dois setores é controlada principalmente pela topografia, como é possível ver nos vales onde foi mais erodida e é menos espessa. Em adição, conforme os modelos refinados mostrados no subitem 9.2.2, descritos a seguir, na porção sul do bloco diagrama do setor Cupari Oeste (Figura 30) e no sudoeste do setor Cupari Leste (Figura 31), onde aflora o “BEDROCK” (argilitos e folhelhos da Formação Nova Olinda), a gipsita foi totalmente erodida pela drenagem. No setor Cupari Leste uma drenagem aproximadamente N-S, especificamente, é responsável pela completa erosão da camada de gipsita, separando em duas partes a área mineralizada, um mais leste e outro

a oeste, conforme retratadas no mapa de avaliação de reservas (esc. 1:10.000) do Projeto Itamaguari. A ausência da gipsita neste segmento é ratificada por furos negativos de sondagem rotativa (AV-08-PA) e de trado mecânico (F-25_1 e L-25_1). A seção vertical A-B da figura 29 ilustra essa descontinuidade física da camada evaporítica na porção entre o furo AV-15-PA e H-27.

Onde caracterizada, a camada de capeamento foi considerada como um nível de alteração da camada de gipsita e, por isso, segue as variações da topografia. Como a formação de interesse deste trabalho é a formação Nova Olinda, só foi gerado capeamento nessa unidade. Porém isso não implica que as rochas do Diabásio Penatecaua e da formação Alter do Chão não tenham uma camada de solo ou alteração; apenas não tiveram esse detalhamento.

Exclusivamente no setor Cupari Leste, sedimentos da Formação Nova Olinda afloram nas serras da porção norte entre ocorrências do Diabásio Penatecaua e da Formação Alter do Chão. Como não foram realizados furos nessa região, optou-se por considerar esses segmentos como Formação Nova Olinda Indiviso. Contudo, segundo o relatório do Projeto Itamaguari, a gipsita é litotipo do topo dessa formação, de forma que é bastante provável tratar-se de gipsita recoberta por um nível de material argiloso. No presente trabalho essa porção da formação Nova Olinda foi considerada apenas como potencial para gipsita, que ainda necessita de mais pesquisa para confirmação da presença de gipsita e a profundidade da camada.

9.2.2. Modelos Refinados dos Setores Cupari Oeste e Cupari Leste

Com o intuito de detalhar as variações na composição da camada de gipsita (gipsita compacta, gipsita fraturada e argila) foram elaborados modelos refinados dos depósitos a partir dos sólidos gerados nos modelos gerais. No setor Cupari Oeste o modelo refinado englobou a faixa contínua com reservas de minério delimitada pelo Projeto Itamaguari (Figura 28), que se estende desde da margem esquerda do rio Cupari, na área do processo 802.191/73, até a base de uma elevação na porção sul da área de processo 802.188/73. Seus blocos-diagrama, um exclusivo para as camadas de minério, são apresentados na figura 30. Um perfil geológico de direção NE-SW (AB) expõe a estratigrafia de toda faixa mineralizada. Já no setor Cupari Leste, o modelo refinado considerou as duas áreas com reservas de minério delimitadas pelo Projeto supracitado (Figura 29), uma menor mais a oeste e outra na sua porção oriental, cujos blocos-diagrama são mostrados na figura 31, acompanhados por perfis estratigráficos para os dois segmentos, um com direção SE-NW (AB) e o segundo com direção E-W (CD).

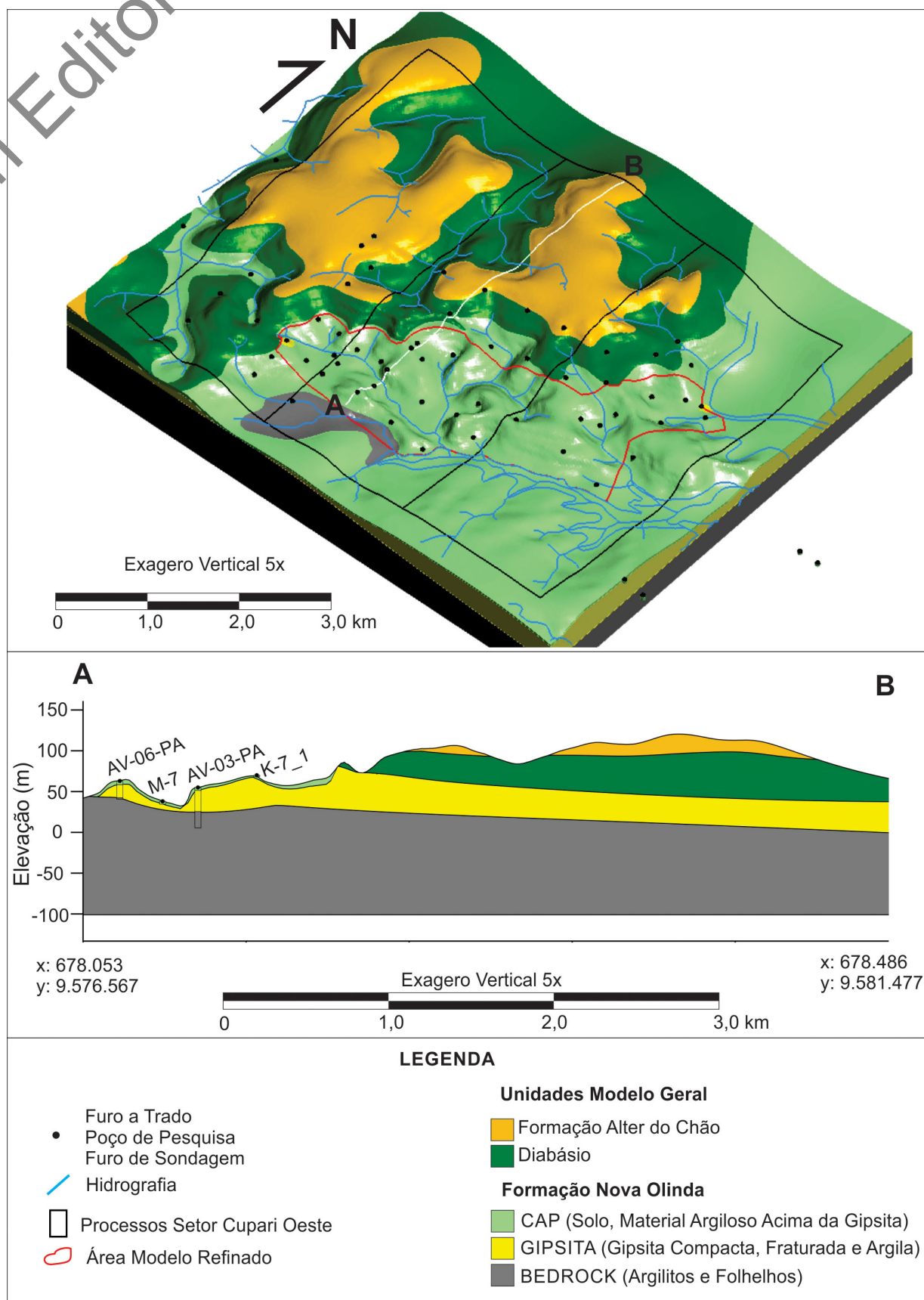


Figura 28 - Modelo geológico geral do setor Cupari Oeste representado em 3D por um bloco diagrama e por uma seção N-S (AB). Linha avermelhada demarca a área com reservas de minério quantificada, conforme o Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

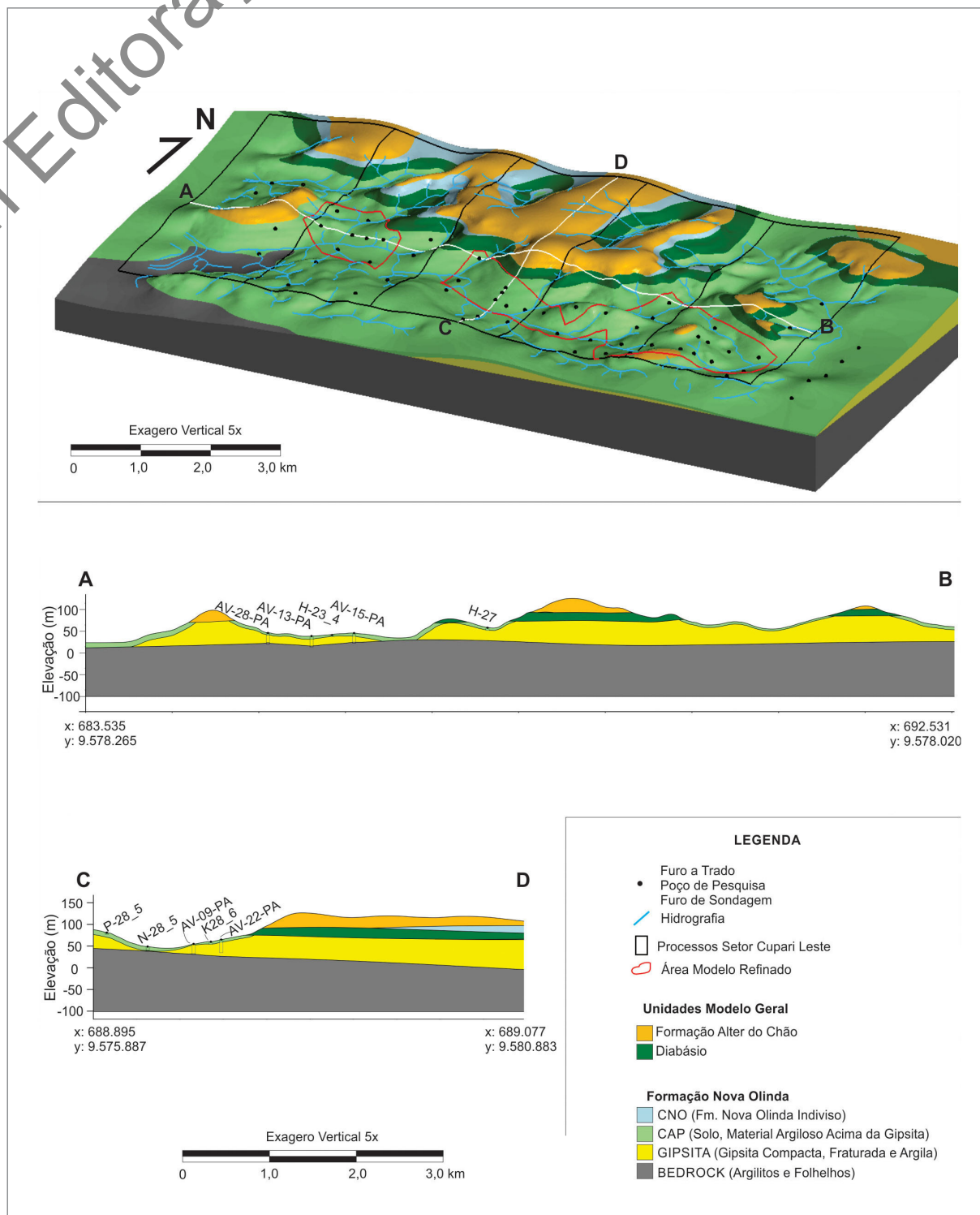


Figura 29 - Modelo geológico geral do setor Cupari Oeste representado em 3D por um bloco diagrama e por uma seção N-S (AB). Linha avermelhada demarca a área com reservas de minério quantificada, conforme o Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

Como se observa nas figuras 30 e 31, a camada de gipsita do setor Cupari Oeste apresenta-se mais homogênea quando comparada àquela do setor Cupari Leste. Neste último setor há uma maior quantidade de intercalações de lentes de argila e gipsita fraturada, tanto que se fez necessária a delimitação de uma camada somente de argila (ARGILA_E) para sua modelagem. Os

níveis fraturados de gipsita também não apresentam nenhum padrão rígido quanto ao seu posicionamento na camada, podendo ocorrer tanto nas porções mais superiores como nas proximidades da base. Por outro lado, foi possível estabelecer um “trend” de gipsita fraturada nos dois setores, de forma que essa unidade foi modelada como uma única lente.

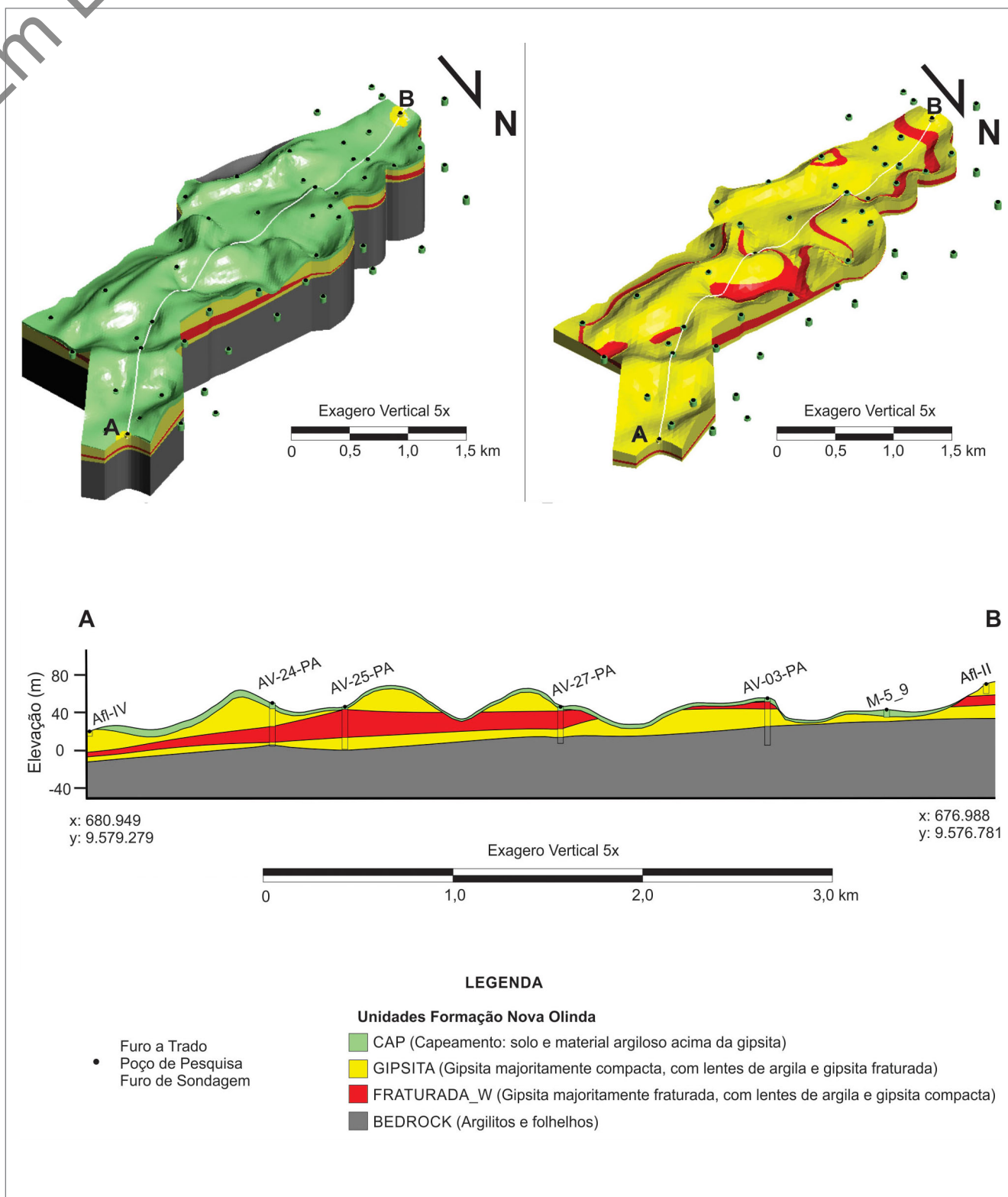


Figura 30 - Modelo geológico refinado do setor Cupari Oeste representado em 3D pelos blocos diagramas e por uma seção de direção NE-SW (AB).

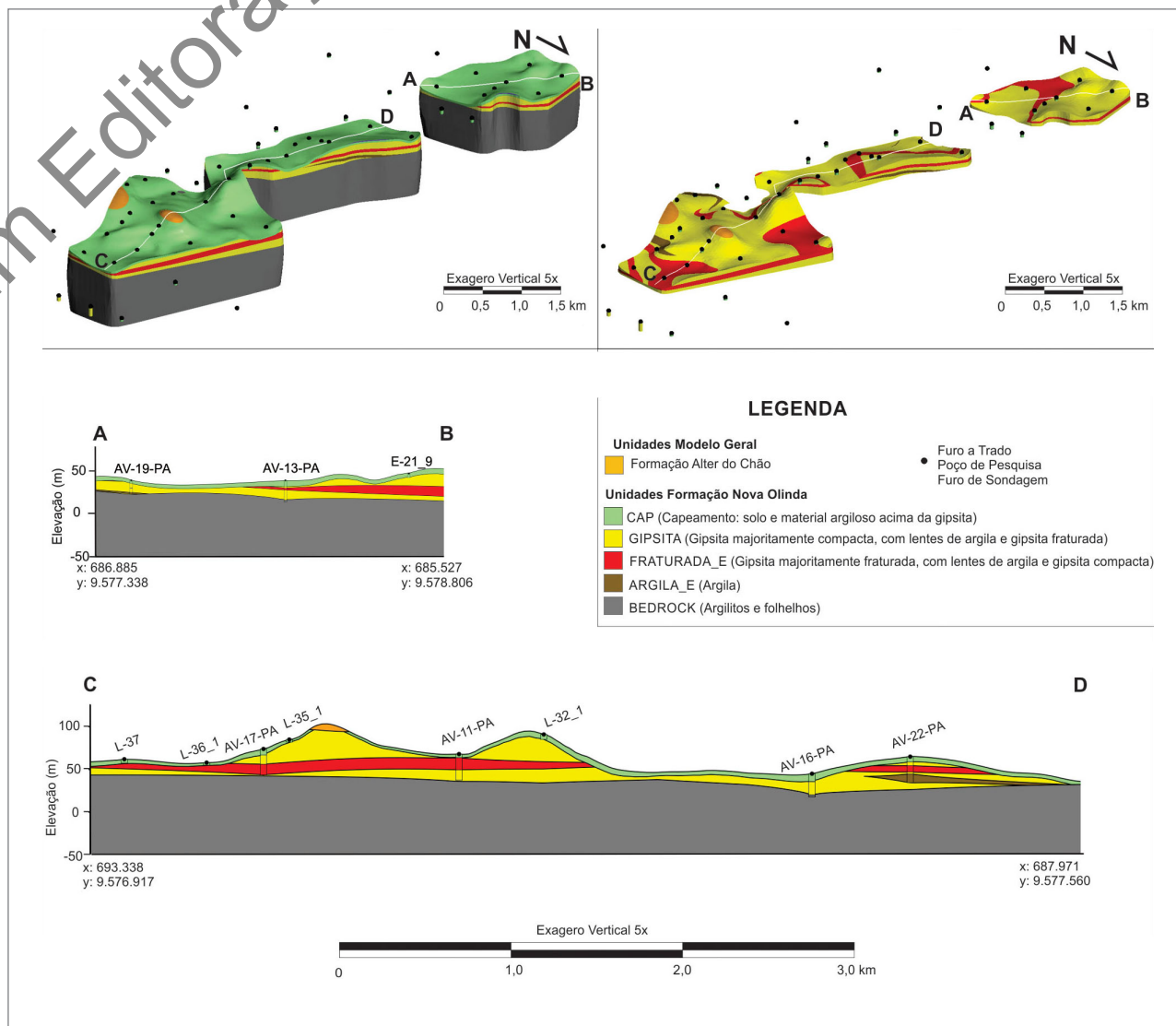


Figura 31 - Modelo geológico refinado do setor Cupari Leste representado em 3D pelos blocos diagramas e por duas seções: AB com direção SE-NW e CD com direção E-W.

9.3. RECURSOS GEOLÓGICOS

Os minérios relativos à gipsita fraturada e compacta foram individualizados e modelados separadamente. Desse modo, foram gerados sólidos para cada tipo, refletindo a extensão da mineralização ao longo das áreas referentes as poligonais com reservas de minério conforme delimitadas pelo Projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

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

A análise estatística permitiu inferência sobre distribuições, modas e valores anômalos das variáveis em foco, de modo a auxiliar na análise de distribuição dos teores. Para tanto, amostras originais e compostas foram estudadas sob o enfoque da estatística clássica.

9.3.1. Compositagem das Amostras

A compositagem consiste em regularizar todas as amostras ao mesmo volume, com o objetivo de atingir uma amostragem uniforme, reduzindo o impacto da variabilidade aleatória e minimizando o efeito de média amostral. Nessa etapa, cada amostra recebeu a denominação de “compósito” e que, após análise, verificou-se que do total de 251 amostras com registro (tabela Assay), 166 ocorrem dentro dos sólidos mineralizados, sendo 132 analisadas para CaO, 52 para H₂O a 230°C, 132 para PF, 165 para rendimento e 132 para SO₃.

No histograma com a distribuição do tamanho das amostras originais (Figura 32) ficou constatada uma irregularidade do intervalo amostral. Para evitar interpretações equivocadas consideraram-se compósitas de 1 m com suporte mínimo de até 0,765 m, gerando 494

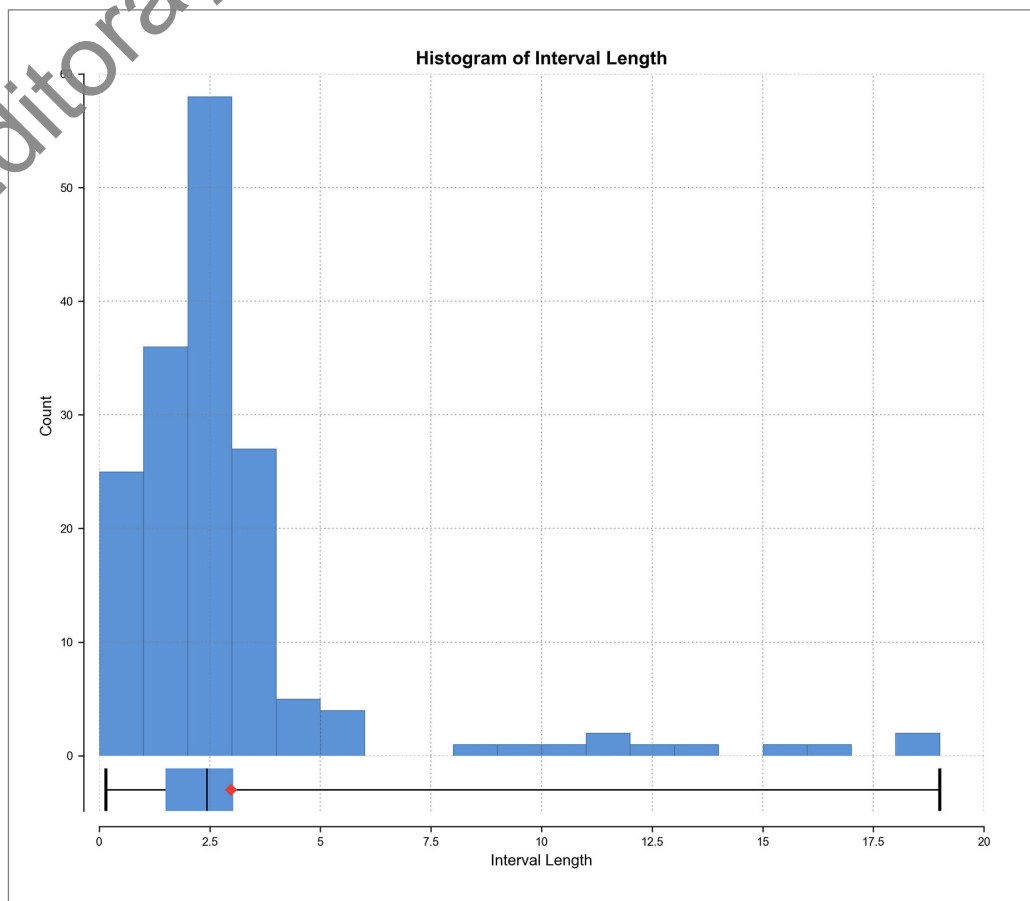


Figura 32 - Distribuição do tamanho (m) das amostras originais.

amostras. Ao todo, foram 328 amostras a mais que as do banco original, respeitando-se os comprimentos mínimo e máximo mais próximo do tamanho da compósita com *range* menor, distribuindo igualmente amostras com tamanho menores que 10 cm.

No quadro 8 é apresentada uma comparação, que inclui dados estatísticos, entre as amostras originais contidas nos corpos de minério (intervalos amostrados) e as amostras compostas.

Após a geração das amostras compostas, procedeu-se à validação visual nos arquivos, utilizando-se dos limites dos intervalos mineralizados.

9.3.2. Teores

Amostras originais e compostas foram estudadas sob o enfoque da estatística clássica (Quadro 9). As análises histográficas com a distribuição dos teores de CaO, H₂O a H₂O a 230°C, PF, Rendimento e SO₃ das amostras originais e compostas inseridos nos sólidos mineralizados são exibidas nas figuras 33 a 37. O estudo estatístico foi totalmente desenvolvido no *software* LeapFrog versão 6.0.4.

Com base nos resultados estatísticos obtidos a partir das amostras compostas para cada bloco de estudo

QUADRO 8 - COMPARAÇÃO ENTRE AS AMOSTRAS ORIGINAIS E AS AMOSTRAS COMPOSTAS.

	COMPRIMENTO DAS AMOSTRAS ORIGINAIS	COMPRIMENTO DAS AMOSTRAS COMPOSITADAS (1M)
Nº amostras	166	494
Média	2.98	1.00
SD (Desvio Padrão)	3.11	0.05
CV (coef. de variação)	1.04	0.05
Variância	9.64	0.002
Mínimo	0.15	0.765
Q1	1.5	0.984
Q2	2.44	1
Q3	3.03	1.02
Máximo	19	1.22

(Oeste/Leste) e tipo de minério (Compacto/Fraturado), procedeu-se à análise dos teores de CaO, H₂O a 230°C, PF, Rendimento e SO₃ por *Box Plot* (Figuras 38 a 42) e (Quadros 10 a 13).

QUADRO 9 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS A PARTIR DO TRATAMENTO DOS DADOS DE AMOSTRAS ORIGINAIS E COMPOSTAS.

VARIÁVEL	CaO		H ₂ O_230		PF		RENDIMENTO		SO ₃	
Tipo de Amostra	Composta	Original	Composta	Original	Composta	Original	Composta	Original	Composta	Original
Nº amostras	300	132	126	52	300	132	494	165	300	132
Média	31,95	31,95	17,40	17,39	20,92	20,92	85,32	85,30	43,60	43,60
SD	2,66	2,72	2,52	2,72	1,69	1,81	21,77	22,50	4,58	4,81
CV	0,08	0,09	0,14	0,16	0,08	0,09	0,26	0,26	0,10	0,11
Variância	7,08	7,40	6,35	7,40	2,85	3,28	474,09	506,37	20,94	23,10
Mínimo	20,90	20,90	4,30	4,30	9,30	9,30	20,60	13,50	20,70	17,70
Q1	31,40	31,40	17,30	17,30	20,70	20,70	73,50	73,50	43,65	43,70
Q2	32,10	32,10	18,30	18,50	21,00	21,00	100,00	100,00	45,10	45,20
Q3	32,80	32,80	18,90	19,00	21,50	21,50	100,00	100,00	45,70	45,70
Máximo	42,90	42,90	19,60	19,60	28,57	32,20	100,00	100,00	50,70	50,70

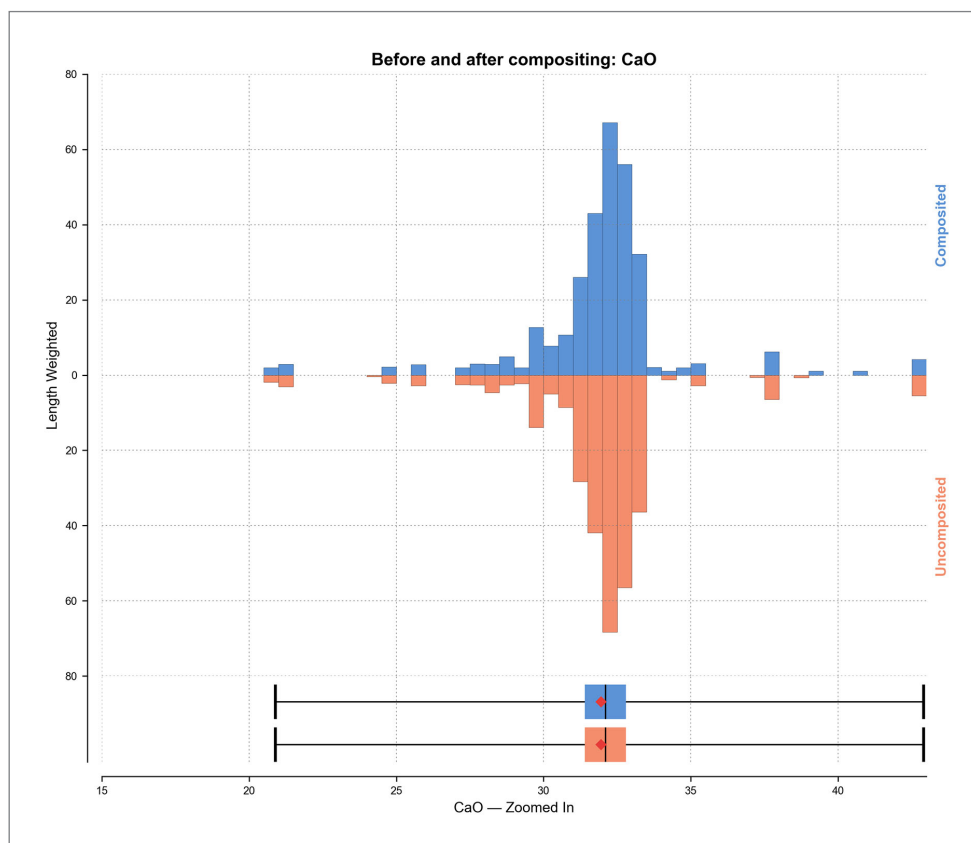


Figura 33 - Histograma com a distribuição dos teores de CaO para amostras originais e compostas.

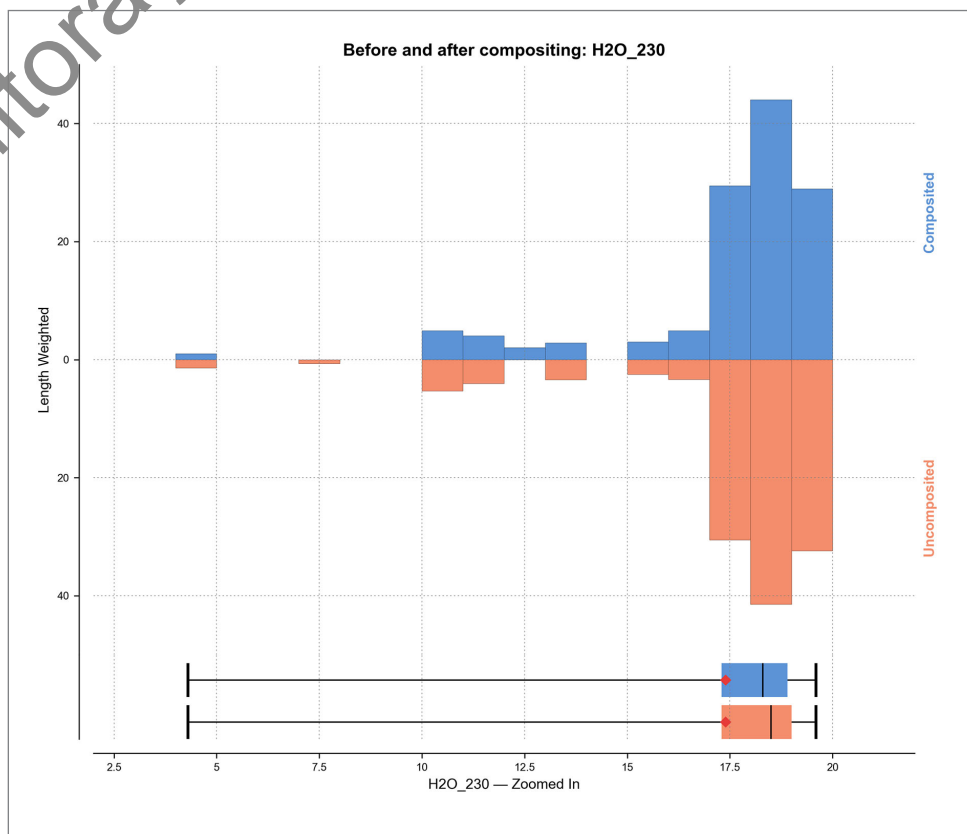


Figura 34 - Histograma com a distribuição dos teores de H_2O a 230°C para amostras originais e compostas.

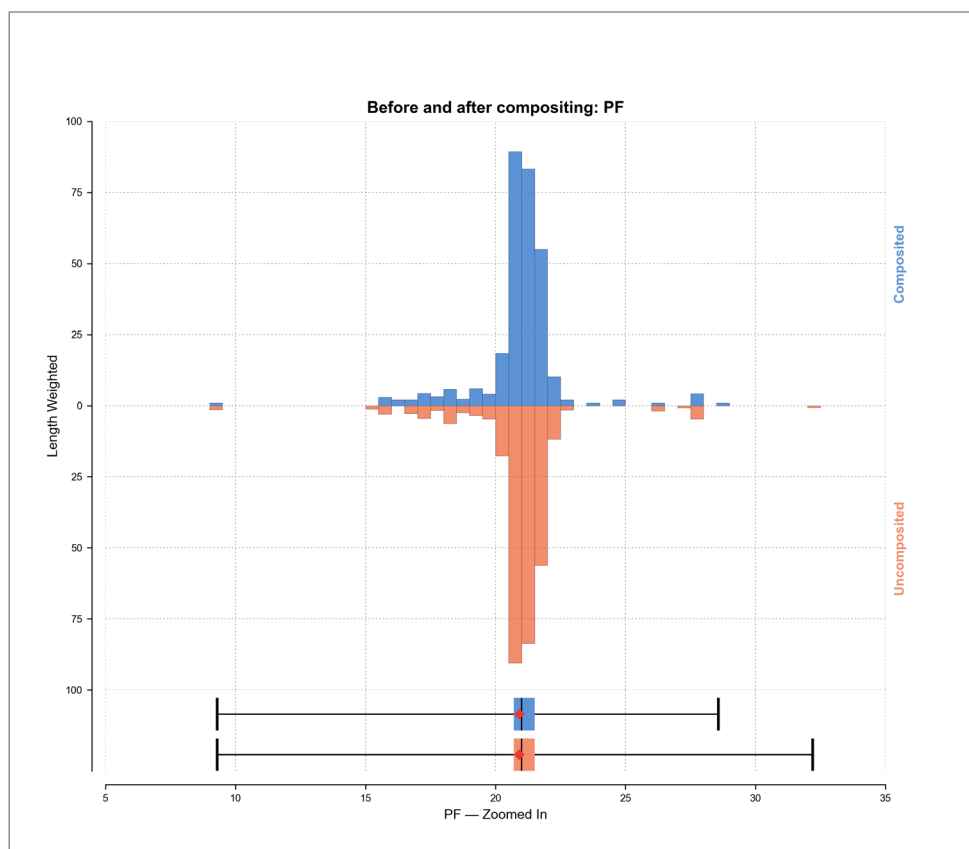


Figura 35 - Histograma com a distribuição do PF para amostras originais e compostas.

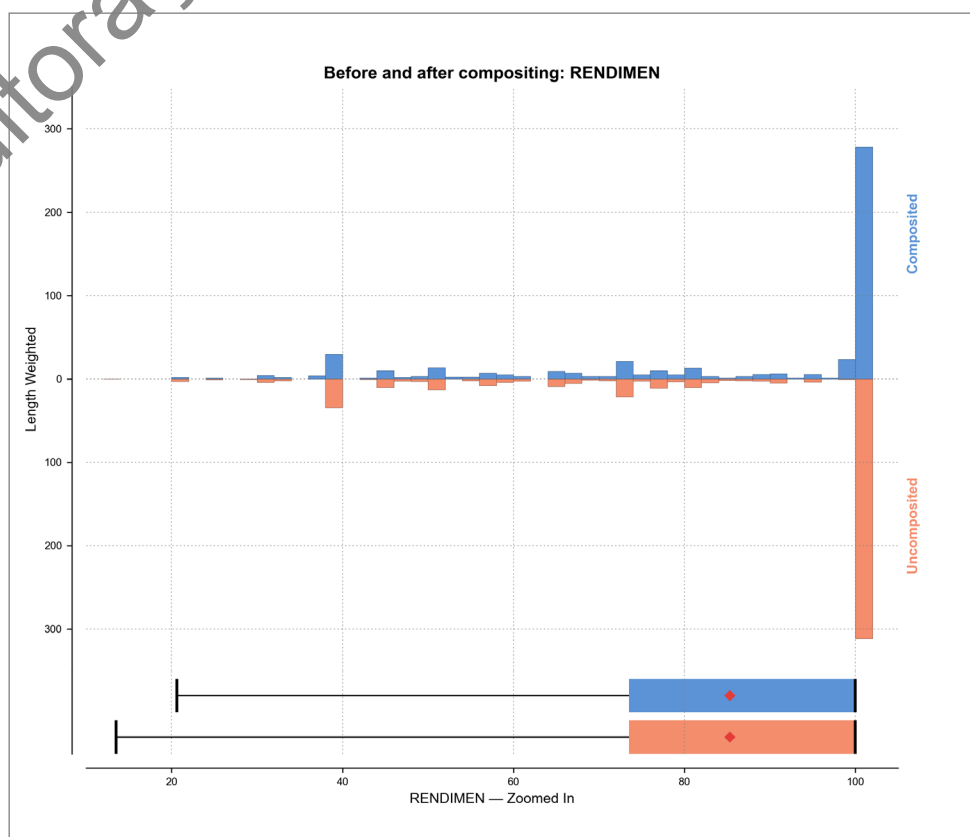


Figura 36 - Histograma com a distribuição do Rendimento para amostras originais e compostas.

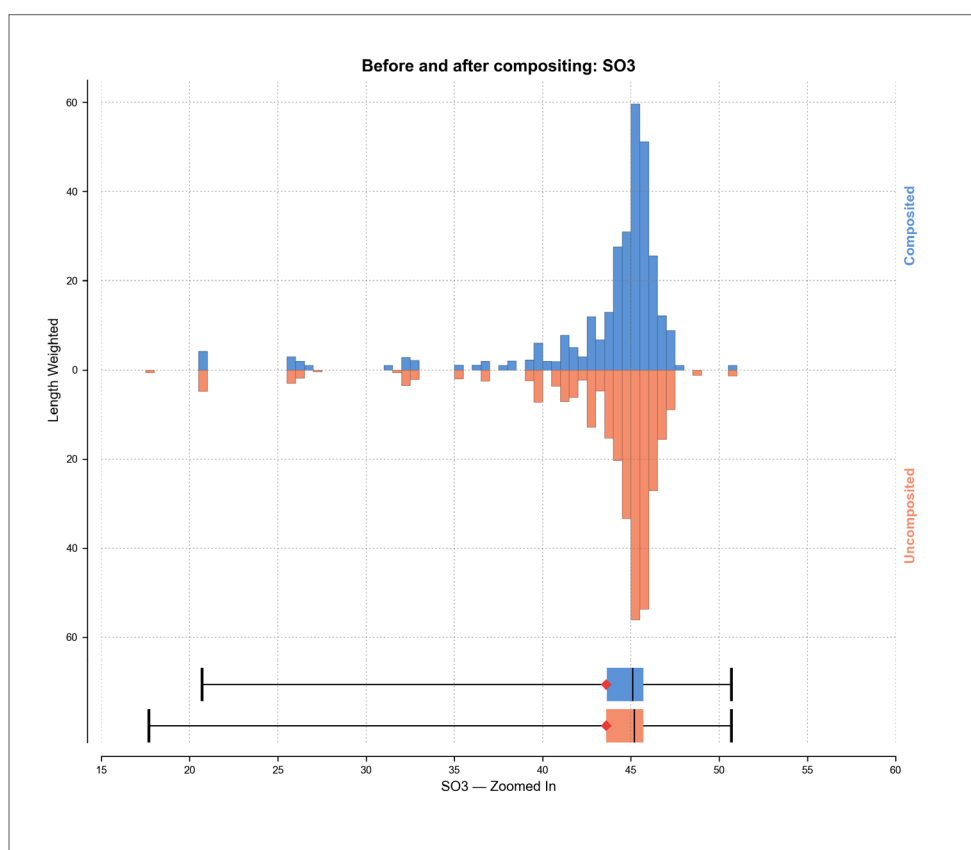


Figura 37 - Histograma com a distribuição dos teores de SO_3 para amostras originais e compostas.

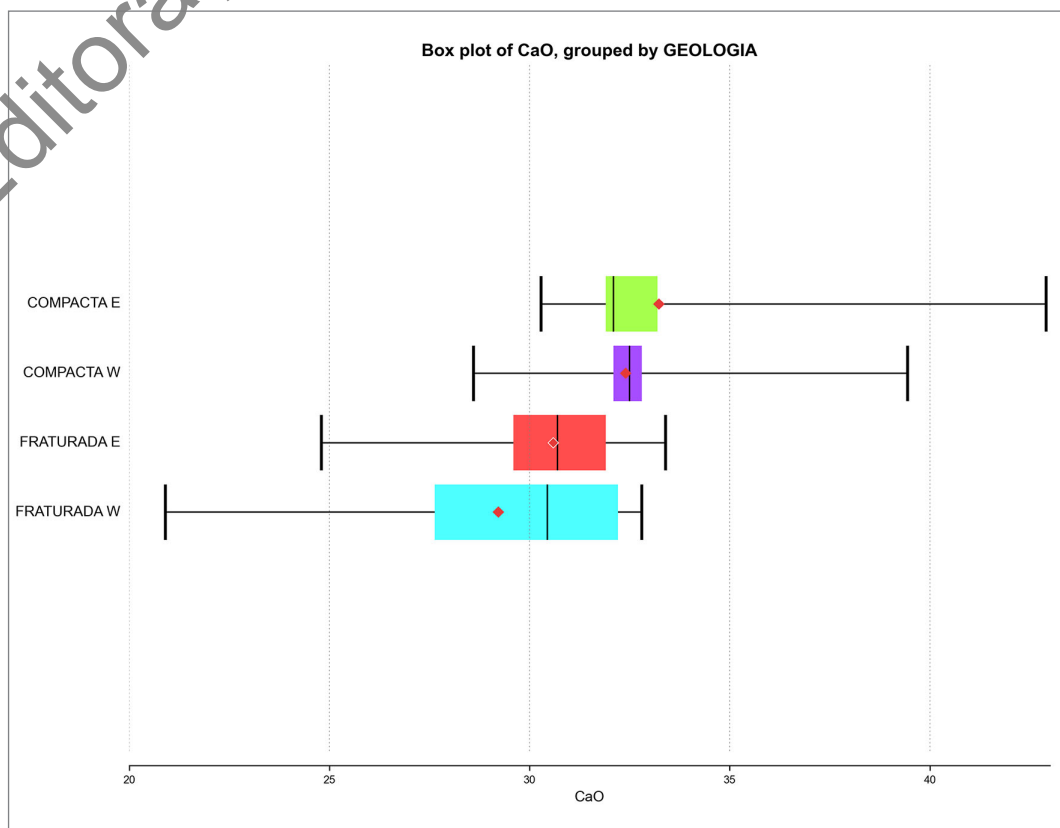


Figura 38 - Box plot para CaO da gipsita compacta e fraturada nos blocos Oeste e Leste.

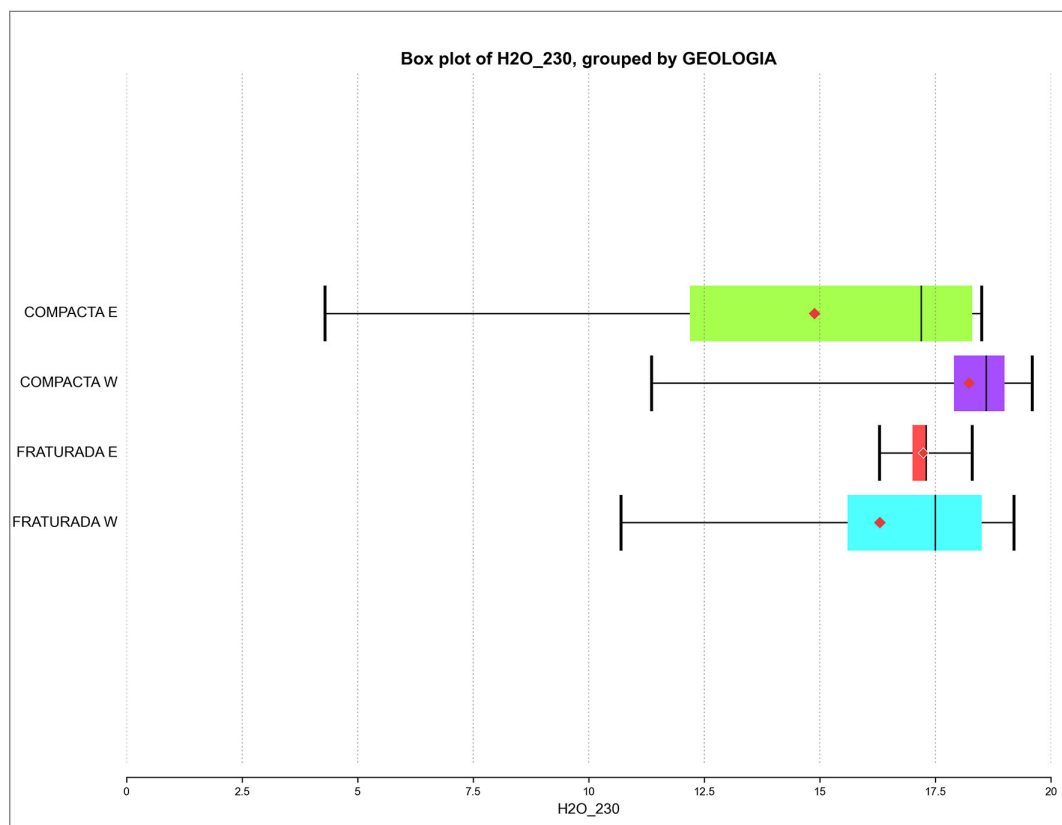


Figura 39 - Box plot para H₂O a 230°C da gipsita compacta e fraturada nos blocos Oeste e Leste.

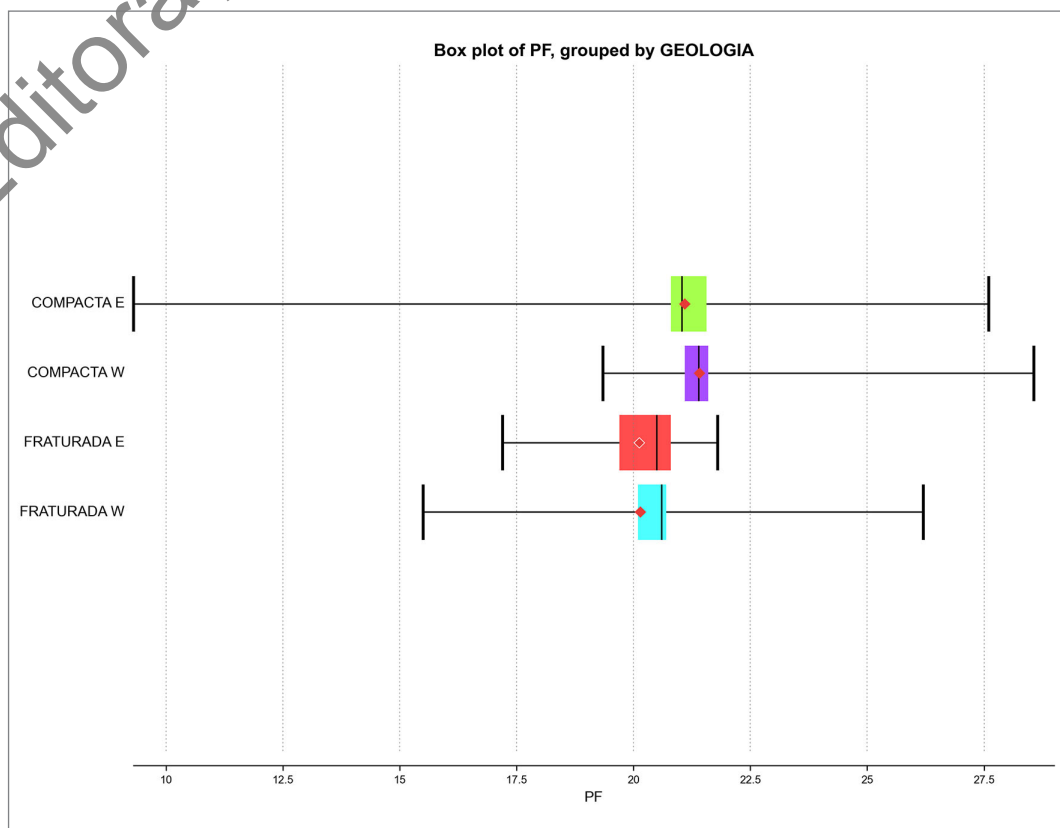


Figura 40 - Box plot para PF da gipsita compacta e fraturada nos blocos Oeste e Leste.

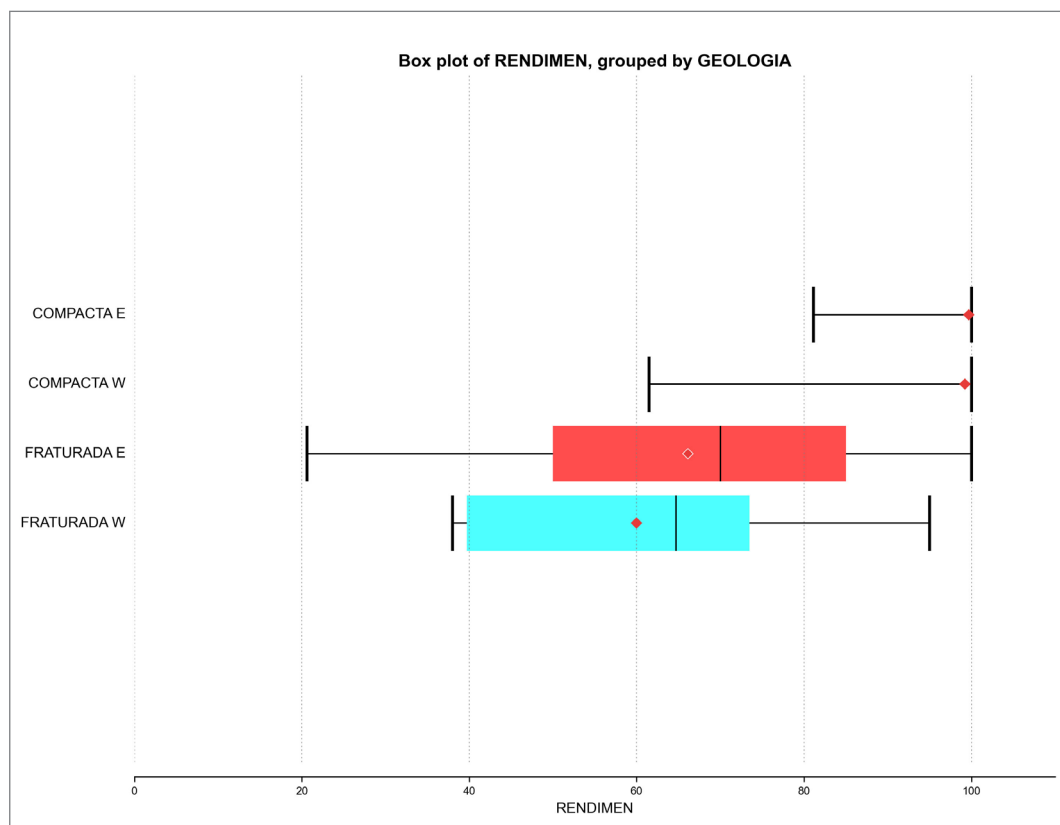


Figura 41 - Box plot de Rendimento da gipsita compacta e fraturada nos blocos Oeste e Leste.

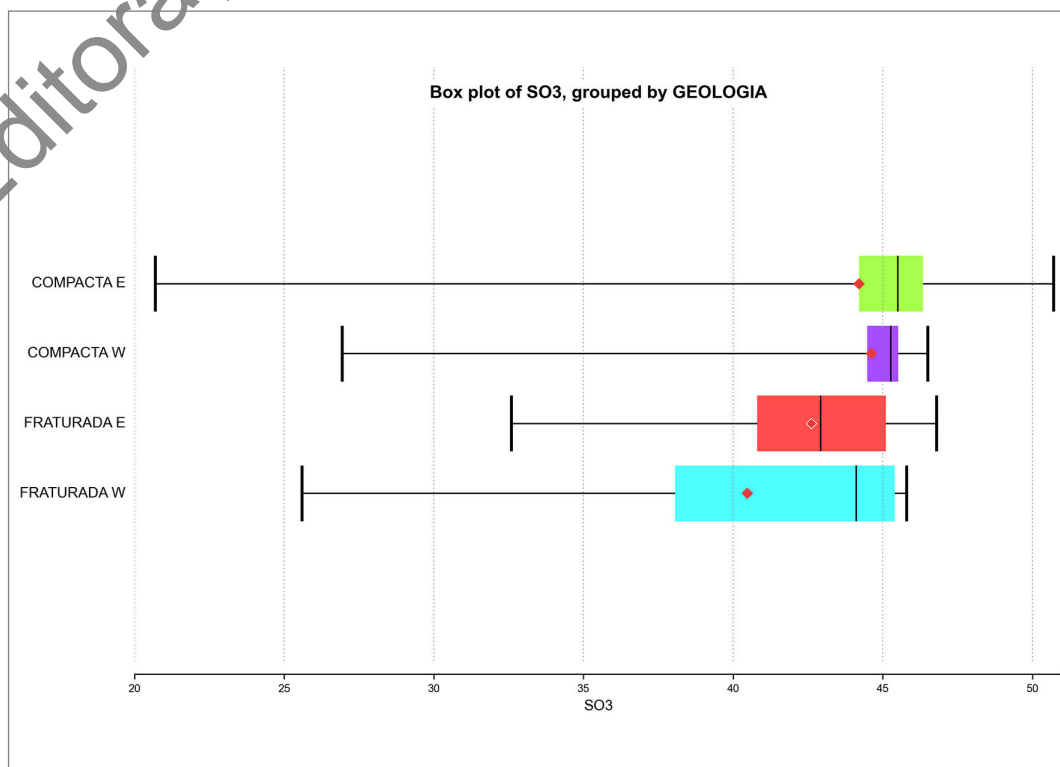


Figura 42 - Box plot para SO₃ da gipsita compacta e fraturada nos blocos Oeste e Leste.

QUADRO 10 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS A PARTIR DO TRATAMENTO DOS DADOS DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE MINÉRIO DO TIPO COMPACTO DO BLOCO OESTE (COMPACTO_W).

VARIÁVEL	Nº DE AMOSTRAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	VARIÂNCIA	MÍNIMO	Q1	MEDIANA	Q3	MÁXIMO
CaO	110	32.40	1.02	0.03	1.04	28.60	32.10	32.50	32.80	39.44
H ₂ O_230	77	18.23	1.38	0.08	1.09	1.36	17.90	18.60	19.00	19.60
PF	110	21.41	0.81	0.04	0.66	19.35	21.10	21.40	21.60	28.57
RENDIMENTO	204	99.21	4.51	0.05	20.32	61.50	100.00	100.00	85.00	100.00
SO ₃	110	44.61	2.30	0.05	5.31	29.65	44.48	45.26	45.51	46.50

QUADRO 11 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS A PARTIR DO TRATAMENTO DOS DADOS DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE MINÉRIO DO TIPO FRATURADO DO BLOCO OESTE (FRATURADO_W).

VARIÁVEL	Nº DE AMOSTRAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	VARIÂNCIA	MÍNIMO	Q1	MEDIANA	Q3	MÁXIMO
CaO	30	29.22	3.76	0.13	14.17	20.90	22.63	30.45	32.71	37.80
H ₂ O_230	32	16.30	2.92	0.18	8.52	10.70	15.60	17.50	18.50	19.20
PF	40	20.15	1.97	0.10	3.88	15.50	20.09	20.60	20.70	26.20
RENDIMENTO	127	59.97	16.64	0.78	277.03	38.00	39.70	64.70	73.50	95.00
SO ₃	40	40.47	6.79	0.17	46.16	25.60	38.06	44.11	45.40	45.80

QUADRO 12 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS A PARTIR DO TRATAMENTO DOS DADOS DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE MINÉRIO DO TIPO COMPACTO DO BLOCO LESTE (COMPACTO_E).

VARIÁVEL	Nº DE AMOSTRAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	VARIÂNCIA	MÍNIMO	Q1	MEDIANA	Q3	MÁXIMO
CaO	99	33.73	2.68	0.08	7.20	30.79	31.90	32.10	33.20	42.90
H ₂ O_230	12	14.88	4.45	0.30	19.77	4.30	12.19	17.20	18.30	18.50
PF	99	21.10	2.20	0.10	4.85	9.30	20.80	21.56	21.56	27.60
RENDIMENTO	103	99.69	2.03	0.02	4.11	81.13	100.00	100.00	100.00	100.00
SO ₃	99	44.71	5.34	0.12	28.55	20.70	44.20	46.34	46.34	50.70

QUADRO 13 - SUMÁRIO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS A PARTIR DO TRATAMENTO DOS DADOS DE AMOSTRAS COMPOSTAS DE MINÉRIO DO TIPO FRATURADO DO BLOCO LESTE (FRATURADO_E).

VARIÁVEL	Nº DE AMOSTRAS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	VARIÂNCIA	MÍNIMO	Q1	MEDIANA	Q3	MÁXIMO
CaO	51	30.59	1.95	0.06	3.81	24.80	29.60	30.70	31.90	33.40
H ₂ O ₂₃₀	5	17.24	0.72	0.04	0.52	16.29	17.01	17.30	17.30	18.30
PF	51	20.12	1.20	0.06	1.43	117.20	19.70	20.50	20.80	21.80
RENDIMENTO	60	66.12	22.86	0.35	522.77	20.60	50.00	70.00	85.00	100.00
SO ₃	51	42.62	3.33	0.08	11.10	32.60	40.80	42.92	45.10	46.80

9.3.3. Modelo de Blocos

A partir dos sólidos mineralizados modelados na etapa anterior, os recursos existentes nas áreas da CPRM foram estimados por meio da geração de modelos de blocos (Figuras 43 a 46). As dimensões dos blocos foram baseadas no espaçamento médio da malha de sondagem e morfologia dos corpos delineados.

Assim como a modelagem, a geração de blocos foi realizada no *software* LeapFrog, destacando-se que, em função da desigualdade de espaçamento entre as malhas de sondagem, utilizaram-se tamanhos de blocos

estabelecido de 100x100x2m. É menor do que os recomendados de ¼ do suporte amostral (Quadros 14 e 15).

Outra validação realizada foi comparar os volumes calculados a partir dos sólidos gerados no modelo geológico e daqueles dos modelos de blocos, conforme pode ser observado no Quadro 16. Ele tem como objetivo verificar a aderência do modelo de blocos ao modelo geológico estabelecido, que, comumente, aceita uma tolerância de até 5% de diferença entre ambos volumes. Entretanto, neste estudo, as diferenças obtidas foram ínfimas, em sua maioria, menores que 1%. Este excelente percentual de aderência

QUADRO 14 - PARÂMETROS UTILIZADOS NOS MODELOS DE BLOCOS INDIVIDUALIZADOS PARA OS MINÉRIOS COMPACTO E FRATURADO NO BLOCO CUPARI OESTE.

	COMPACTO_W (BLOCO OESTE)	FRATURADO_W (BLOCO OESTE)
Número de blocos	50 (x) × 33 (y) × 51 (z) = 84.150	50 (x) × 32 (y) × 40 (z) = 64.000
Ponto base (centroide)	676.600 (x), 9.576.300 (y), 79.1 (z)	676.600 (x), 9.576.400 (y), 66 (z)
Tamanho do bloco	100 (X), 100 (y), 2 (Z)	100 (X), 100 (y), 2 (Z)
Azimute	0° (não rotacionado)	0° (não rotacionado)
Tamanho limite	5.000 (x), 3.300 (y), 102 (z)	5.000 (x), 3.200 (y), 80 (z)
Mínimo	676.600 (x), 9.576.000 (y), -36 (z)	676.600 (x), 9.576.000 (y), -14 (z)
Máximo	681.600 (x), 9.580.000 (y), 66 (z)	681.600 (x), 9.580.000 (y), 66 (z)

QUADRO 15 - PARÂMETROS UTILIZADOS NOS MODELOS DE BLOCOS INDIVIDUALIZADOS PARA OS MINÉRIOS COMPACTO E FRATURADO NO BLOCO CUPARI LESTE.

	COMPACTO_E (BLOCO LESTE)	FRATURADO_E (BLOCO LESTE)
Número de blocos	88 (x) × 35 (y) × 46 (z) = 141.680	88 (x) × 33 (y) × 30 (z) = 87.120
Ponto base (centroide)	685.000 (x), 9.575.600 (y), 101 (z)	685.000 (x), 9.575.800 (y), 75 (z)
Tamanho do bloco	100 (x), 100 (y), 2 (z)	100 (x), 100 (y), 2 (z)
Azimute	0° (não rotacionado)	0° (não rotacionado)
Tamanho limite	8.800 (x), 3.500 (y), 92 (z)	8.800 (x), 3.300 (y), 60 (z)
Mínimo	685.000 (x), 9.576.000 (y), 9 (z)	685.000 (x), 9.576.000 (y), 15 (z)
Máximo	693.800, 9.579.000 (y), 101 (z)	693.800, 9.579.000 (y), 75(z)

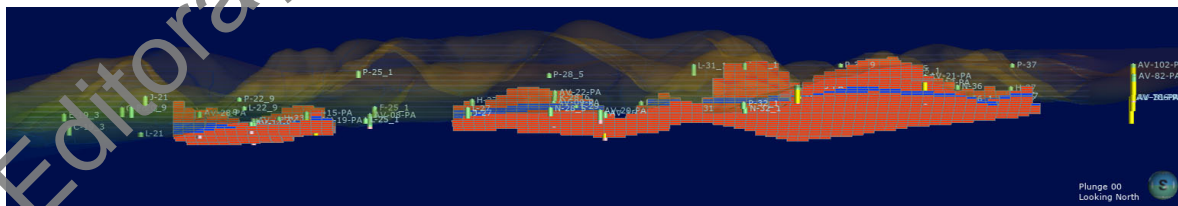


Figura 46 - Vista de sul para norte dos modelos de blocos para os minérios compacto (laranja) e fraturado (azul) no Bloco Cupari Leste.

QUADRO 16 - COMPARAÇÃO ENTRE VOLUMES CALCULADOS POR WIREFRAMES (SÓLIDOS GERADOS NO MODELO GEOLÓGICO) E PELO MODELO DE BLOCOS.

GIPSITA	WIREFRAME - VOLUME (m³)	MODELO DE BLOCOS - VOLUME (m³)	% DIFERENÇA
Compacta E	110.100.000	110.540.000	-0.44%
Fraturada E	46.879.000	47.220.000	-0.34%
Subtotal	156.979.000	157.760.000	-0.78%
Compacta W	105.900.000	105.640.000	0.26%
Fraturada W	39.172.000	39.400.000	-0.23%
Subtotal	145.072.000	145.040.000	0.03%
Total	302.051.000	302.800.000	-0.75%

ocorre em função do tamanho de bloco ser inferior a ¼ do suporte amostral e pela geometria favorável dos corpos mineralizados.

9.3.4. Estimativas dos Recursos

Em função das limitações observadas anteriormente, a estimativa dos recursos de gipsita foi desenvolvida por meio do método Inverso do Quadrado da Distância (IQD), com a utilização de um raio de busca distinto para interpolação dos teores. Dessa maneira, considerando o grande espaçamento e a irregularidade da malha de sondagem existente, as distâncias adotadas para os raios foram de 4.000 m, 2.000 m e 200 m (Quadros 17 e 18) e (Figuras 47 e 48), com o mínimo de amostras por bloco de 4 e máximo de 20.

Nenhum *capping* foi aplicado no processo de estimativa devido à baixa variabilidade nos dados e a natureza consistente das camadas de gipsita observadas em toda a área.

Apesar de constar no relatório de pesquisa do Projeto Itamaguari que a densidade do minério foi determinada a partir de amostras de testemunhos de sondagem, utilizando-se de uma balança e proveta graduada, cujos valores obtidos oscilaram entre 2,25 a 2,3 t/m³, não foi localizada nenhuma tabela com os intervalos medidos. No cálculo dos recursos pela modelagem foi utilizada para todo o depósito o mesmo valor da densidade média do minério usado no cálculo das reservas pelas pesquisas históricas, ou seja, 2,25 t/m³.

No quadro 19 pode ser observado os recursos totais contabilizados para os blocos Oeste e Leste, discriminados para os minérios compacto e fraturado, com respectivos teores médios para o CaO, SO₃, H₂O_{230°C}, PF e rendimento. Chama a atenção o rendimento médio superior a 99% da gipsita compacta, indicando um minério com alta pureza, ao contrário do minério formado pela gipsita fraturada, com rendimento bem menor, entre 57% e 64%, em função a presença de contaminantes argilosos. Os volumes de minério estimados são classificados como recursos inferidos.

QUADRO 17 - DIMENSÕES DOS ELIPSOIDES DE BUSCA PARA O BLOCO LESTE.

BLOCO E (LESTE)			
ELIPSÓIDE RANGE (m)		DIREÇÕES	
Máximo	4.000	Dip	0.13
Intermediário	2.000	Dip Azimuth	283.14
Mínimo	200	Pitch	90

QUADRO 18 - DIMENSÕES DOS ELIPSOIDES DE BUSCA PARA O BLOCO OESTE.

BLOCO W (OESTE)			
ELIPSÓIDE RANGE (m)		DIREÇÕES	
Máximo	3.000	Dip	0
Intermediário	1.500	Dip Azimuth	41.35
Mínimo	150	Pitch	112.40

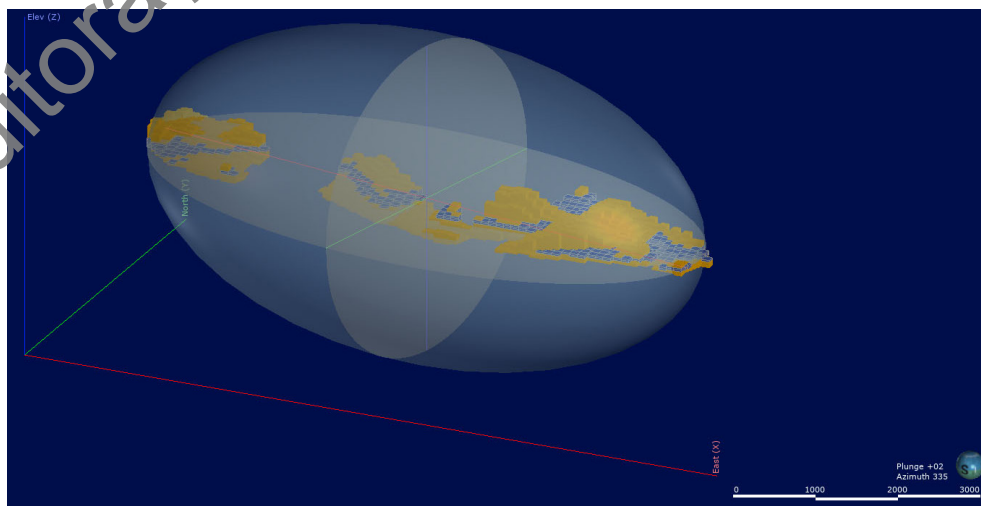


Figura 47 - Vista em perspectiva dos modelos de blocos e do elipsoide de busca no Bloco Leste..

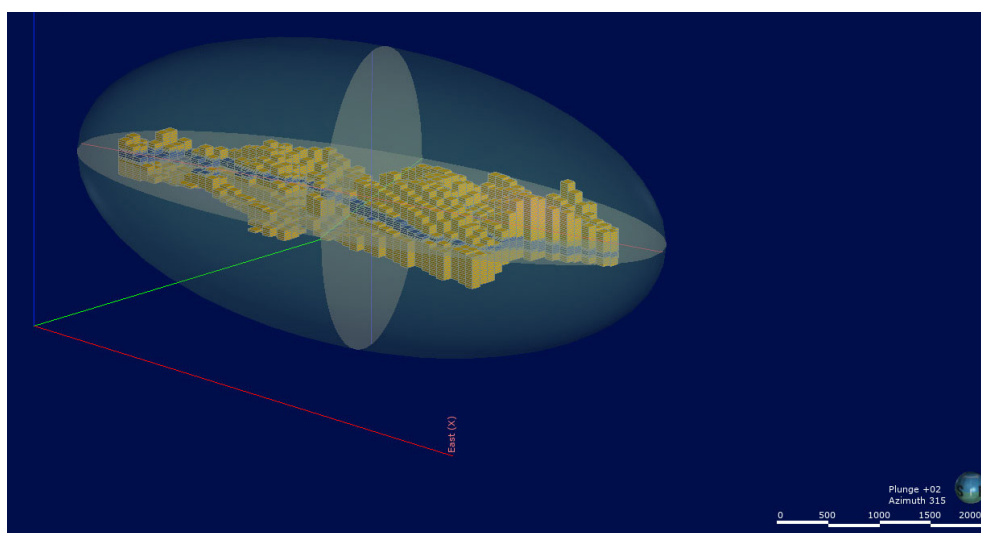


Figura 48 - Vista em perspectiva dos modelos de blocos e do elipsoide de busca no bloco Oeste.

QUADRO 19 - RESULTADO FINAL DA ESTIMATIVA PARA OS RECURSOS INFERIDOS E INDIVIDUALIZADOS POR SETOR E TIPO DE MINÉRIO.

Report									
Cut-off: None									
Filter: None									
Density: 2.25 g/cm ³									
TYPE				AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	MATERIAL CONTENT
	VOLUME	DENSITY	MASS	CaO	SO ₃	H ₂ O	PF	RENDIMENTO	GIPSITA ?
	m ³	g/cm ³	t	%	%	%	%	%	t
FRATURADA_W	39,460,000.00	2.25	88,785,000.00	28.54	39.16	14.66	20.00	57.93	51,429,254.21
COMPACTA_W	105,640,000.00	2.25	237,690,000.00	32.37	44.03	17.90	21.50	99.13	235,629,525.41
Total	145,100,000.00	2.25	326,475,000.00	31.33	42.70	17.02	21.09	87.93	287,058,779.62
TYPE				AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	AVERAGE VALUE	MATERIAL CONTENT
	VOLUME	DENSITY	MASS	CaO	SO ₃	H ₂ O	PF	RENDIMENTO	GIPSITA ?
	m ³	g/cm ³	t	%	%	%	%	%	t
FRATURADA_E	47,220,000.00	2.25	106,245,000.00	30.37	42.65	17.24	20.39	64.46	68,487,796.73
COMPACTA_E	110,540,000.00	2.25	248,715,000.00	32.69	45.49	14.95	20.53	99.84	248,314,220.98
Total	157,760,000.00	2.25	354,960,000.00	31.99	44.64	15.63	20.49	89.25	316,802,017.70

9.3.5. Curvas de Parametrização

Para elaboração das curvas de parametrização do recurso total, para cada tipo de minério nos blocos Oeste e Leste, considerou-se a variável “rendimento”. As figuras 49 e 50 mostram as respectivas curvas de parametrização para o minério compacto e fraturado do Bloco Oeste, enquanto as figuras 51 e 52, as curvas de parametrização,

respectivamente, para o minério compacto e fraturado do Bloco Leste. A curva lida no eixo Y esquerdo = Tonnes “Quantidade de Minério (Mt)”, enquanto no eixo Y direito = teor médio em % para rendimento. O eixo horizontal, relativo ao cut-off considerado, é válido para os dois eixos verticais. Nas figuras 53, 54, 55 e 56 se observa os mapas com os modelos de blocos por setor (oeste e leste) da gipsita compacta e fraturada baseados no “rendimento”.

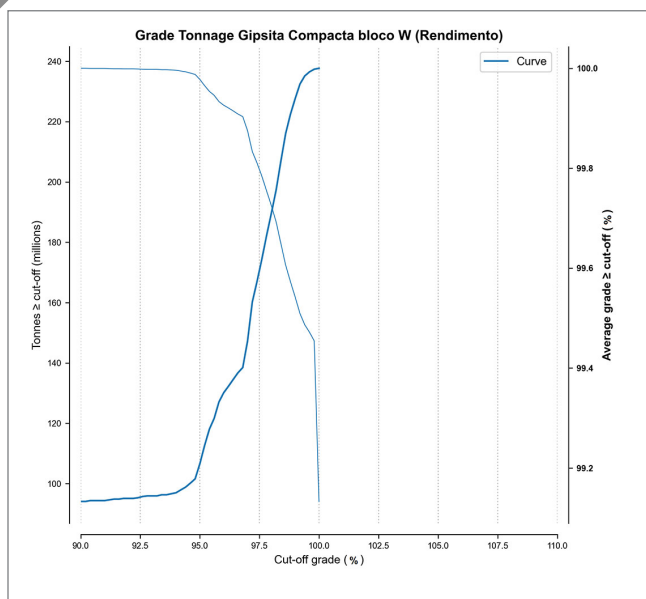


Figura 49 - Curvas de parametrização do recurso total a partir da variável “rendimento” para o minério formado pela gipsita compacta do Bloco Oeste.

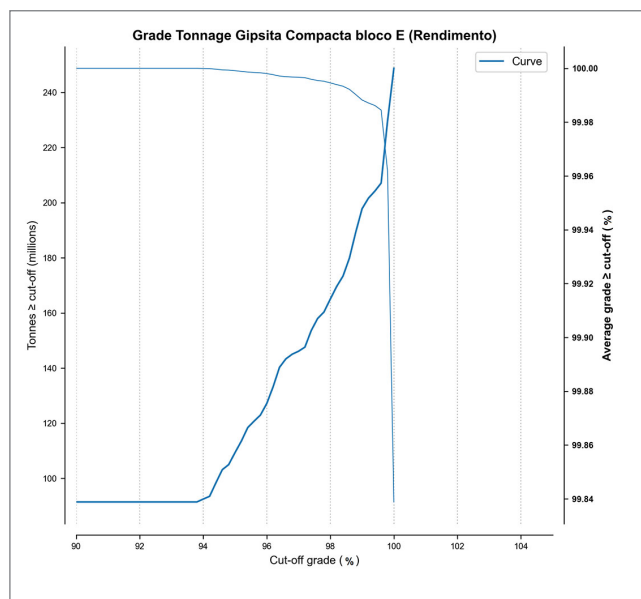


Figura 51 - Curvas de parametrização do recurso total a partir da variável “rendimento” para o minério formado pela gipsita compacta do Bloco Leste.

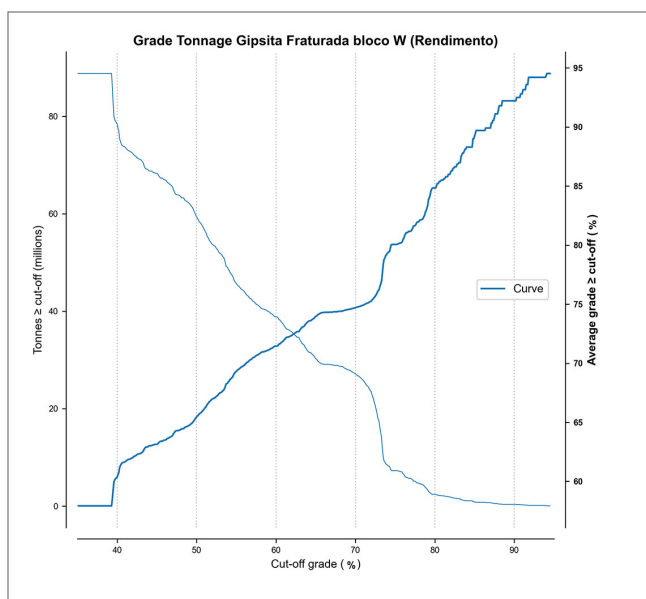


Figura 50 - Curvas de parametrização do recurso total a partir da variável “rendimento” para o minério formado pela gipsita fraturada do Bloco Oeste.

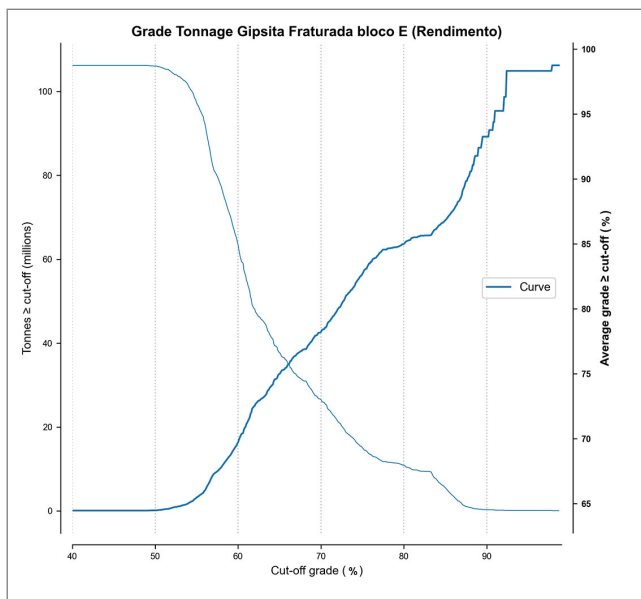


Figura 52 - Curvas de parametrização do recurso total a partir da variável “rendimento” para o minério formado pela gipsita fraturada do Bloco Leste.

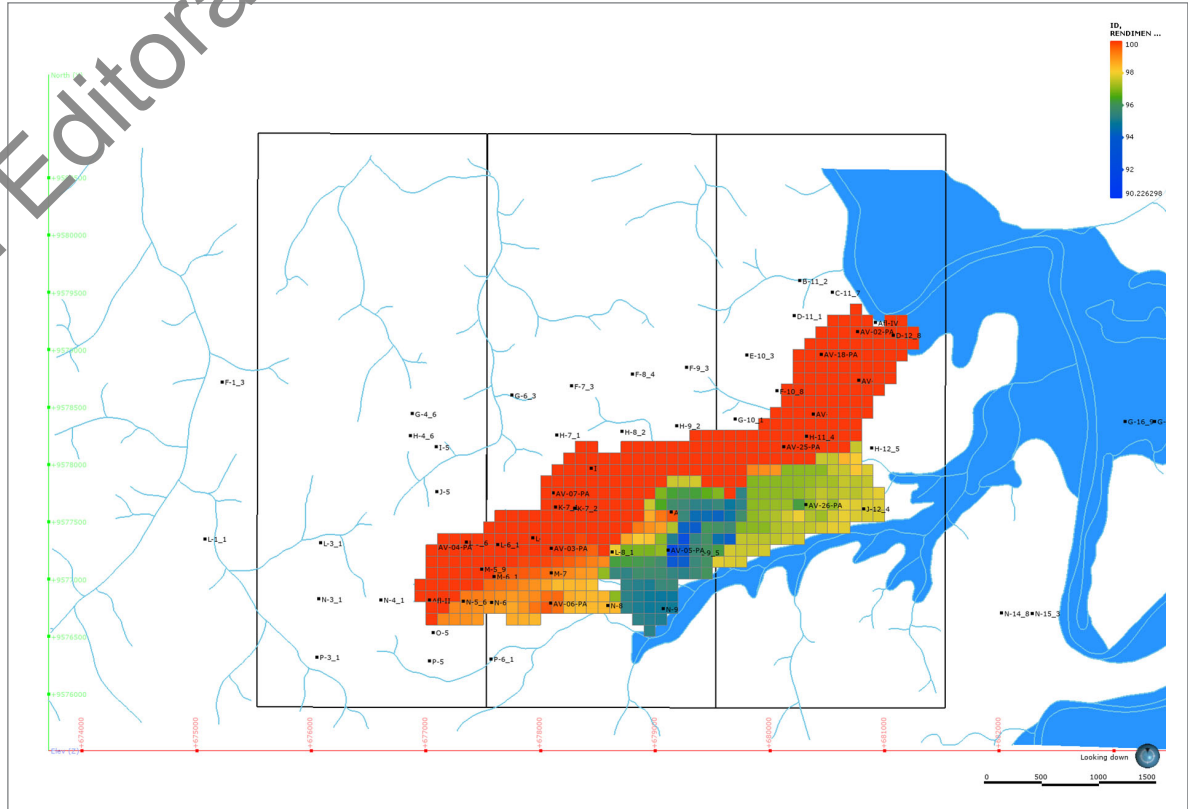


Figura 53 - Mapa com o modelo de blocos do setor oeste para o minério formado pela gipsita compacta, com base na variável “rendimento”. Pontos alfanuméricos relativos aos furos de sondagem rotativa e a trado, conforme projeto Itamaguari (CPRM, 1975)

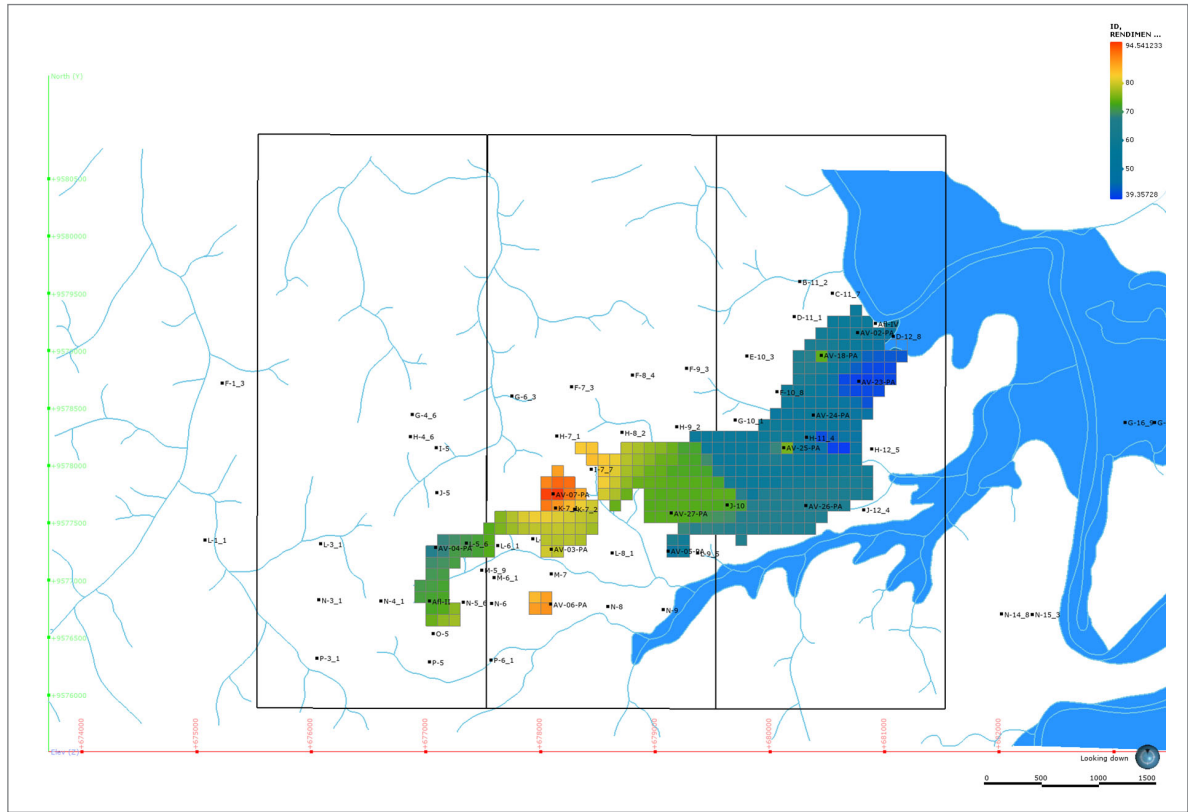


Figura 54 - Mapa com o modelo de blocos do setor oeste para o minério formado pela gipsita fraturada com base na variável “rendimento”. Pontos alfanuméricos relativos aos furos de sondagem rotativa e a trado, conforme projeto Itamaguari (CPRM, 1975).

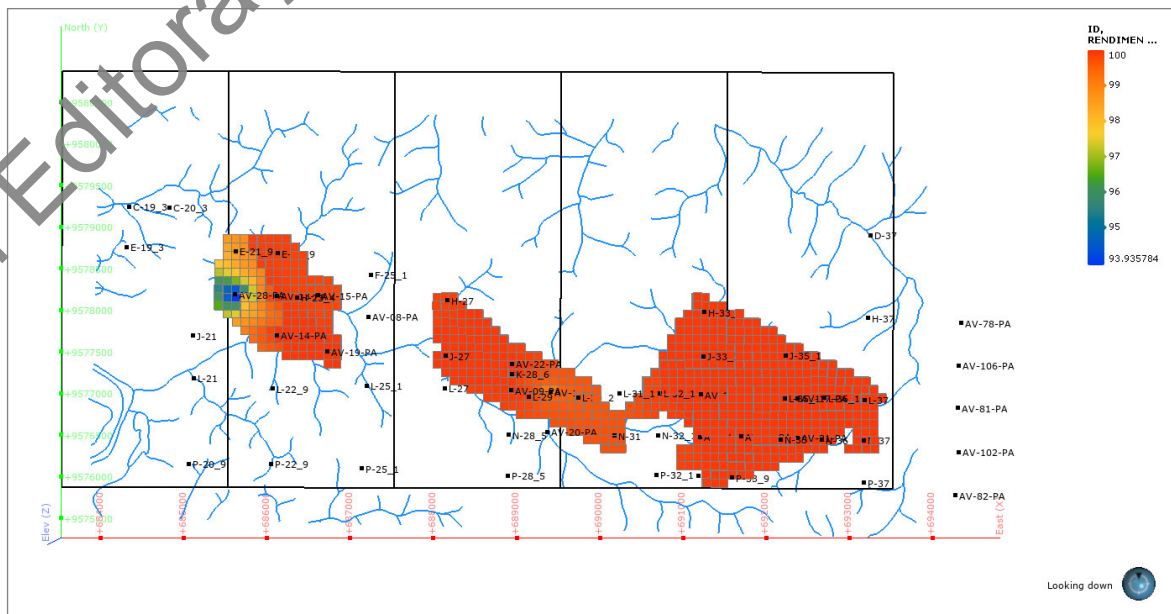


Figura 55 - Mapa com o modelo de blocos do setor Leste para o minério formado pela gipsita compacta com base na variável “rendimento”. Pontos alfanuméricos relativos aos furos de sondagem rotativa e a trado, conforme projetos Itamaguari (CPRM, 1975) e Itamaguari II (CPRM, 1979).

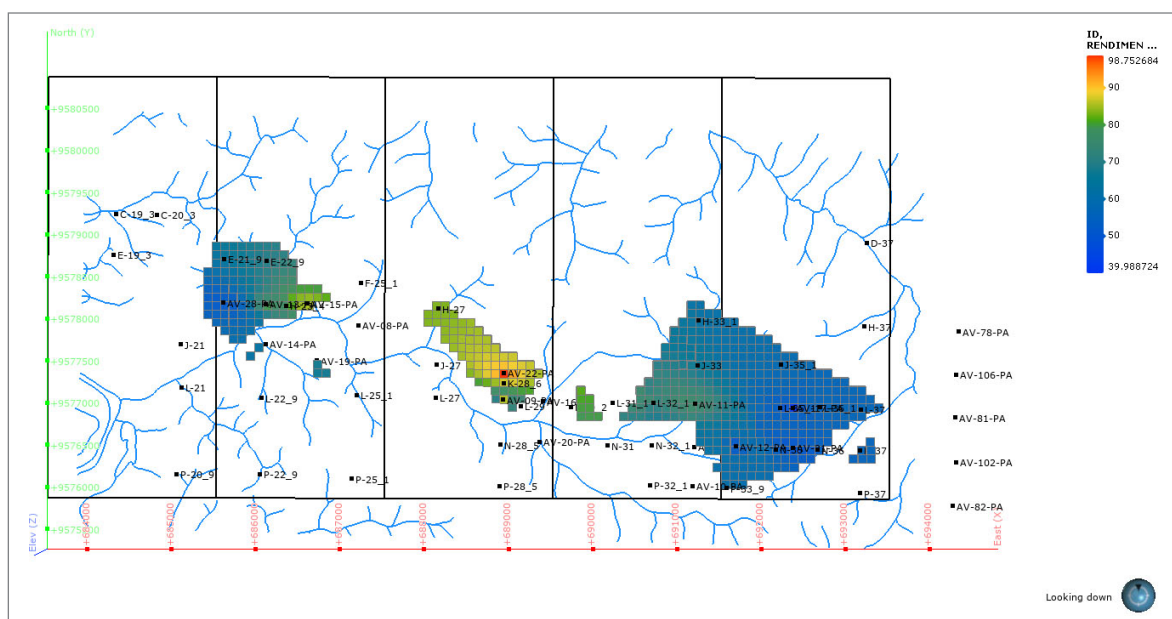


Figura 56 - Mapa com o modelo de blocos do setor Leste para o minério formado pela gipsita fraturada com base na variável “rendimento”. Pontos alfanuméricos relativos aos furos de sondagem rotativa e a trado, conforme projetos Itamaguari (CPRM, 1975) e Itamaguari II (CPRM, 1979).

10. LAVRA E BENEFICIAMENTO

10.1. LAVRA

A mineração é uma atividade que depende de técnicas de extração para viabilizar sua produção, sendo possível elencar, pelo menos, dez processos para extração de minério. Parece muito, mas a verdade é que existem provavelmente mais de trezentas variações possíveis dessas tecnologias de lavra, que, entretanto, são limitadas pela disponibilidade de equipamentos necessários à viabilização técnica de extração; ou mesmo demandando o desenvolvimento de novos equipamentos que viabilizem a técnica requerida.

A seleção do método de lavra, que leva em conta, além dos aspectos tecnológicos, também os socioeconômicos e ambientais, é o principal elemento em qualquer análise econômica de uma mina, sendo sua escolha norteadora por aquela que melhor permite o desenvolvimento da operação. A seleção do método de lavra deve considerar dois aspectos: (i) avaliar as condições geológicas e socioambientais para permitir a exclusão de métodos que não estejam de acordo com os critérios desejados; e (ii) definir o método com menor custo possível, considerando, entretanto, as condições técnicas que garantam maior segurança.

Como os principais objetivos para definição do método de lavra estão relacionados aos contextos socioeconômicos e ambientais, pode-se destacar como aspectos fundamentais a serem considerados após sua definição:

- Segurança e condições ambientais adequadas para o trabalho dos operários;
- Redução dos impactos causados ao meio ambiente;
- Redução e controle dos resíduos gerados;
- Adaptação do método às condições geológicas e à infraestrutura disponível;
- Melhoria da produtividade, com impacto direto na redução do custo.

De acordo com as características dos depósitos minerais, tais como a geometria e disposição estrutural dos corpos de minério, assim como seu nível de profundidade, entre outros, a lavra pode ser executada a céu aberto ou subterrânea, que, considerando especificamente a forma de ocorrência das jazidas de gipsita do rio Cupari, seu desenvolvimento se daria da primeira forma. Entretanto, com o avanço da lavra e das pesquisas, existiria a possibilidade de descobertas de camadas mais profundas, exigindo talvez a extração do minério por via subterrânea,

que, porém, levaria em conta o custo-benefício e a exequibilidade da lavra. Entretanto, vale destacar, que a lavra subterrânea seria muito pouco provável devido ao baixo valor unitário da substância, registrando-se que o capeamento, presentemente, é um dos condicionantes econômicos fundamentais considerados na viabilidade da lavra nas minas do país.

Outros parâmetros que seriam considerados nessa avaliação incluiriam aspectos socioambientais (por ex. presença de áreas de restrições e de comunidades nas áreas do depósito ou no seu entorno e disponibilidade de mão de obra), infraestrutura (disponibilidade de energia e água, meios de acesso, etc.) e aspectos mercadológicos (distância dos centros consumidores e custos com transporte, qualificação do produto beneficiado e destino de uso, etc.).

Com respeito à qualificação da gipsita, vale ressaltar, que, devido às suas propriedades, sua utilização na agricultura, como condicionador e fertilizante de solos, vem ganhando espaço e seu baixo custo é um atrativo, além do que o produto para essa destinação é menos exigente quanto à sua qualidade. Vale complementar, que no país a totalidade das jazidas de gipsita lavradas é realizada a céu aberto, como no Polo Gesseiro do Araripe (PE), o maior produtor de gesso nacional, cuja produção é destinada basicamente ao mercado da construção civil.

Aspectos relacionados aos dois modos de extração (a céu aberto e via subterrânea), assim como as técnicas de extração, são apresentados nos subitens a seguir.

Com respeito à qualificação da gipsita, vale ressaltar, que, devido às suas propriedades, sua utilização na agricultura, como condicionador e fertilizante de solos, vem ganhando espaço e seu baixo custo é um atrativo, além do que o produto para essa destinação é menos exigente quanto à sua qualidade. Vale complementar, que no país a totalidade das jazidas de gipsita lavradas é realizada a céu aberto, como no Polo Gesseiro do Araripe (PE), o maior produtor de gesso nacional, cuja produção é destinada basicamente ao mercado da construção civil.

Aspectos relacionados aos dois modos de extração (a céu aberto e via subterrânea), assim como as técnicas de extração, são apresentados nos subitens a seguir.

10.1.1. Lavra à Céu Aberto

A lavra a céu aberto se justifica tanto econômica quanto tecnologicamente para depósitos de minérios

aflorantes ou em profundidade relativamente pequena em relação à superfície, como no exemplo da figura 57, referente a lavra de gesso e caulim da mineradora Campo Belo Ltda no município de Araripina em PE, inserida no Polo Gesseiro do Araripe. Lavras a céu aberto normalmente são exploradas até o esgotamento do recurso mineral, ou quando a razão entre o volume de minério a ser explorado em relação ao volume a ser produzido torne a extração economicamente inviável. A lavra consiste na remoção da cobertura estéril, deixando a camada de minério exposta, permitindo, assim, sua extração. A escolha específica de um método de lavra a céu aberto é condicionada ao sistema de remoção da cobertura, pois envolve grandes investimentos de capital e custos operacionais, e é considerado como sendo determinante para o sucesso da mineração.

Os principais métodos para desenvolvimento de lavra a céu aberto são a lavra em bancadas, lavra em tiras (*strip mining*) e pedreiras. No caso dos depósitos de gipsita, que possuem pequeno capeamento ou são aflorantes, a lavra a céu aberto, é, sem dúvida, é a indicada e o método por bancada o mais adequado, que normalmente é aplicado para minérios em camadas horizontais e espessas próximas à superfície, como é o caso das jazidas evaporíticas. Neste processo o estéril, que inclui o solo, é removido, formando uma pilha próxima ao local de sua extração, o qual posteriormente poderá ser utilizado na recomposição do solo, como parte de um planejamento de estudo de recuperação ambiental.

Cabe destacar, que cortes de taludes necessários ao aprofundamento da mina movimentam grandes quantidades de terra e estéril da cobertura para a lavra. Este material retirado pode gerar grandes impactos ambientais, necessitando assim que sejam adotados controles operacionais visando sua preservação, não apenas para evitar riscos ao meio ambiente, como também sua utilização na recuperação do meio físico ao fim das operações de lavra, como citado acima. O planejamento para recuperação ambiental é indispensável para manter a qualidade do meio ambiente no entorno das áreas mineradas, englobando a disposição do material estéril e rejeitos da lavra gerados, além de resíduos oriundos de algum processo de beneficiamento por ventura realizado no local da mina.

Na lavra da gipsita podem ser empregados equipamentos como rompedores hidráulicos, marteletes hidráulicos, *wagon-drill* (perfuratriz sobre carreta com três ou quatro rodas e com barra de tração, permitindo perfurações inclinadas de até 40°), tratores de esteira, pás carregadeiras ou retroescavadeiras, além de caminhões basculantes para limpeza, decapeamento, carregamento e transporte do minério desmontado.



Figura 57 - Frente de lavra para caulim e gesso da Mineradora Campo Belo em Araripina, PE.

10.1.2. Lavra Subterrânea

Este método de exploração de minas é desenvolvido no subsolo, o qual condicionado a geometria do corpo mineralizado (inclinação e espessura) e das características que refletem na resistência e estabilidade dos maciços que constituem o minério e suas encaixantes. Os métodos para alcançar o minério subterrâneo são através da abertura de poços, túneis e galerias nos maciços mineralizados, para os quais existem disponíveis três principais métodos para desenvolvimento da lavra: (i) métodos com realces auto-portantes; (ii) métodos com suporte das encaixantes; e (iii) métodos com abatimento.

O Método com Realce Auto-Portante é um método utilizado para um minério com elevada continuidade e homogeneidade, sendo considerado, em geral, como um método de alta produtividade. São empregados na lavra de minérios de menor valor unitário, pois a recuperação é bastante comprometida pelo abandono dos pilares. Seu desenvolvimento compreende três técnicas, que são: (i) Câmara e Pilares; (ii) Subníveis; e (iii) Recuo por Crateras Verticais (VCR – *Vertical Crater Retreat*). O método Câmara e Pilares é usualmente empregado na lavra subterrânea da gipsita em vários países, sendo frequente nos EUA, onde 20% de suas reservas se valem dessa técnica (BALTAR; BASTOS e LUZ, 2005). É utilizado em depósitos com camadas horizontais ou levemente inclinadas, com parte do minério é deixada como pilares de sustentação das paredes das encaixantes (*hangwall e footwall*).

No Método com Suporte das Encaixantes o suporte pode ser dado pelo minério, deixado em recalque, ou por material externo, que pode ser trazido aos realces. São métodos de menor produtividade quando comparados com métodos com aberturas Auto-Portantes em condições similares. Em geral, são empregados em minérios de alto valor unitário, pois os custos com enchimento e manutenção do minério em recalque são altos

e a produtividade é baixa, onerando a lavra. Inclui duas técnicas, o Recalque e o Corte e Enchimento.

O Método com Abatimento exigem continuidade e homogeneidade do minério, e que tenham facilidade de fragmentação. São, em geral, métodos de alta produtividade, face à simplicidade das operações conjugadas a serem empregadas. São, geralmente, empregados em minérios de menor valor unitário, pois a diluição costuma ser alta. Inclui as técnicas por Abatimento por Subníveis, Abatimento por Blocos e o *Longwall*.

10.1.3. Definição do Melhor Método de Lavra

A escolha de um método de lavra deve considerar aquele mais seguro e ao mesmo tempo mais econômico. O desmonte do minério pode ser efetuado por meios mecânicos ou com o recurso de explosivos. A opção de se lavar a céu aberto ou por via subterrânea depende de se ultrapassar ou não a relação de mineração limite (relação estéril/minério limite), um número adimensional que expressa uma relação entre massas ou entre volumes.

Esta relação é um dos valores fundamentais de qualquer planejamento de lavra (Figura 58), bem como do teor de corte (teor da substância que viabiliza uma lavra e que pode ser diferente ao longo de uma mesma jazida) e do teor mínimo ou marginal (teor da substância que apenas cobre o custo da lavra, sem lucro ou prejuízo). A opção de lavra será obtida através de análise das expressões a seguir:

- (1) $CMs > CMca + R Ce$ (lavra a céu aberto)
- (2) $CMs = CMca + R Ce$ (lavra indiferente)
- (3) $CMs < CMca + R Ce$ (lavra subterrânea)

Onde:

CMs : custo de lavra subterrânea de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de desmonte, carregamento, britagem do minério e transporte do mesmo até a usina de concentração;

$CMca$: custo de lavra a céu aberto de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de desmonte, carregamento, britagem e transporte até a usina de concentração;

Ce : custo de lavra do estéril, incluindo seu desmonte, carregamento, britagem e transporte até o "bota-fora";

R : relação de mineração ou relação estéril/minério, que representa o número de unidades de estéril a remover para cada unidade de minério lavrada a céu aberto.

A condição limite é obtida da relação (2), denominada relação de mineração limite e que vale $RL = CMs - CMca$.

A lavra da gipsita geralmente é realizada em cavas a céu aberto, em depósitos pouco profundos o que não impede a lavra no método subterrâneo em outros depósitos. Tendo em vista as características superficiais do depósito de gipsita e a reduzida espessura de capeamento, como já enfatizado, a lavra a céu aberto pelo

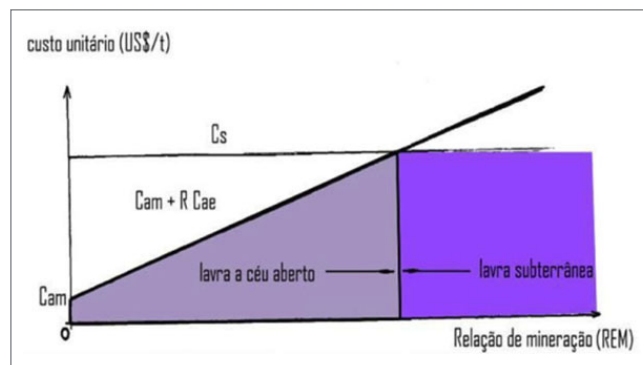


Figura 58 - Relação custo X REM (Fonte: Blog GE902, 2013. Disponível em: <https://ge902cobre.wordpress.com/metodos-de-lavra/>).

método de bancadas é a mais adequada, num grau de mecanização variável com a produção requerida, sendo previstas as seguintes operações:

- Desmatamento e limpeza das frentes de trabalho;
- Remoção do capeamento estéril para o bota fora;
- Desmonte com explosivos, carregamento e transporte da gipsita para o pátio de estocagem;
- Operações auxiliares de drenagem, bombeamento e conservação de estradas.

Considerando as enormes reservas de gipsita é justificável a seleção de frentes mais favoráveis para a lavra onde os custos permitam superar as deficiências atuais da infraestrutura observada regionalmente.

É importante observar que a gipsita absorve considerável fração da potência do explosivo o que dificulta o desmonte. Diante disto, é importante atentar para o diâmetro de perfuração dos furos para desmonte e redução do espaçamento entre eles e assim buscar uma potencialização do desmonte através dessa técnica.

A atividade de lavra da gipsita, de um modo geral, obedece à seguinte sequência: limpeza do terreno, decapeamento, perfuração, desmonte (com explosivos), fragmentação, carregamento e transporte. Em algumas operações pode ser utilizado do rompedor hidráulico para redução das dimensões dos blocos de minério desmontado, ainda relativamente grandes, em lugar do fogo secundário ou fogacho.

10.2. BENEFICIAMENTO

A gipsita é utilizada na forma natural ou beneficiada através da calcinação. Na forma natural seu principal uso é na indústria do cimento e na agricultura e na forma calcinada, para obtenção do gesso, que é aplicado na área da construção civil, como também para uso ortopédico e na odontologia, entre outras aplicações.

Independentemente de sua destinação de uso, o beneficiamento inicial da gipsita envolve um processo redução granulométrica dos blocos do minério

desmontado por meio de britagem, que pode ser ou não realizado no âmbito da mina. Para a produção de gesso industrial, um produto de maior pureza e valor agregado, o material resultante da britagem é cominuído e submetido à classificação granulométrica através de peneiras vibratórias a seco, obtendo-se um material com granulometria o mais uniforme possível, afim de evitar uma desidratação desigual para as partículas de gipsita. A gipsita moída pode passar por uma secagem preliminar a uma temperatura de no máximo 49°C, visando remover o excesso de umidade e facilitar seu manuseio (VELHO *et al.*, 1998 *in* BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005), assim como um processo de lavagem subsequente a desidratação a fim de eliminar materiais contaminantes (argilas, areias,

etc.) (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005). Entretanto, a calcinação total da gipsita ocorre em temperaturas acima de 180°C e resulta em diferentes formas de anidrita (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005), que são os hemidratos alfa e beta (gessos alfa e beta), sendo o gesso alfa um produto relativamente mais nobre com aplicações odontológicas. A calcinação é considerada o processo de maior custo do beneficiamento (BEZERRA, 2009). Gipsitas mais impuras são comumente destinadas ao mercado do cimento e da agricultura.

Na figura 59 é possível visualizar as etapas do processo de lavra e beneficiamento da gipsita numa planta com calcinação tendo como produto final placas de gesso (*drywall*) destinadas ao mercado da construção civil.

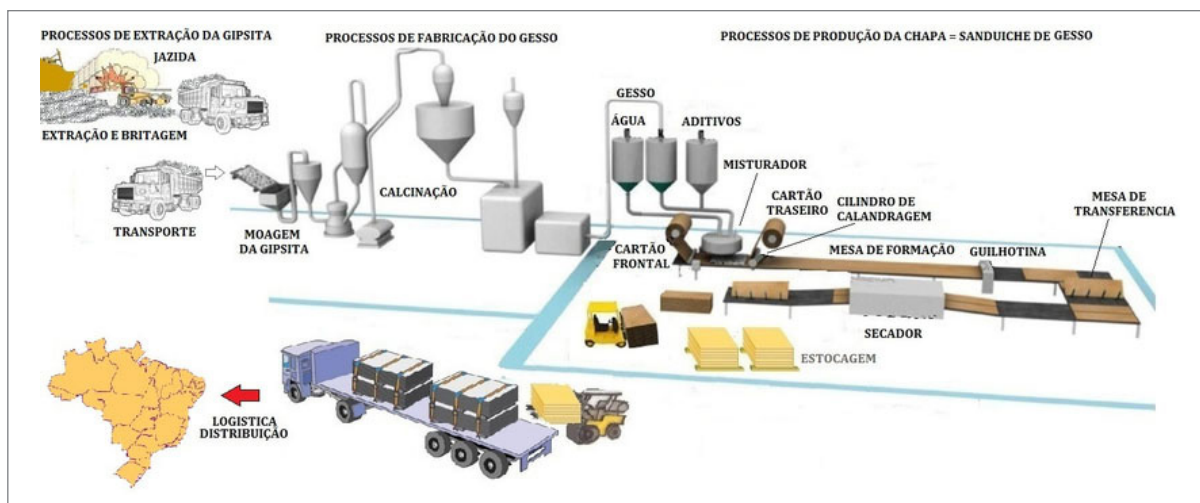


Figura 59 - Diagrama do processo de fabricação de chapas de gesso para sistema Drywall (SUZANO; ALMEIDA; DUNHAM; OLIVEIRA, 2015).

11. ANÁLISE ECONOMICA

Nos subitens subsequentes são explanadas considerações sobre o setor da gipsita, com abordagens aos seus aspectos mercadológicos a nível mundial e nacional, que incluem comércio e produção, reservas, além da estrutura produtiva nacional, produtos comercializados, seus usos e especificações de mercado. São ainda apresentadas análises sob a ótica mercadológica dos produtos comercializados e das variáveis mais importantes para compreensão comportamental no que tange a produção e consumo, preços e perspectivas

11.1. ASPECTOS MERCADOLÓGICOS DA GIPSITA

De acordo com o relatório da *SMITHERSAPEX APEX* (2018): *The Future of Gypsum – Market Forecasts to 2028*, o mercado mundial consumidor de gipsita foi avaliado em US\$ 2,2 bilhões em 2018. Segundo esta fonte, a previsão é de que o mercado de gesso cresça a uma taxa anual composta - CAGR (*Compound Annual Growth Rate-CAGR*) de 4% entre 2018 e 2023, atingindo 8,2% entre 2023 e 2028, com valor comercializado estimado da ordem de US\$ 3,4 bilhões ao final do período analisado. Em 2016, estudo semelhante, mostrou que, em termos de valor, o mercado consumidor mundial de gipsita era majoritariamente representando pelas indústrias de gesso e cimento, 33,3% e 60,9%, respectivamente (WORLDCEMENT, 2016).

O gesso emergiu como um produto dominante na construção civil em 2016, devido à crescente demanda por materiais de construção de menor custo e com tempo mais reduzido para execução de projetos. Atualmente, as placas de teto em gesso são cada vez mais utilizadas nos trabalhos de arquitetura, devido à fácil aplicação e melhor aparência estética, homogeneidade e melhor acabamento, sem juntas visíveis.

Devido ao seu amplo escopo de aplicação, os produtos de gesso têm o potencial de substituir materiais de construção tradicionais, como a madeira, aço e vidro, com sua demanda de consumo variando geograficamente. Nos EUA cerca de 75% do gesso consumido é usado em placas de parede, acontecendo o mesmo para grande parte da produção na Europa Ocidental, ao contrário do que ocorre na maior parte do mundo. Nos países em desenvolvimento, como a China e a Índia, seu emprego na construção civil, considerando o tamanho de suas populações, ainda é incipiente, embora venha crescendo

rapidamente (SANTOS; BARROS; LAGES, 2019). Esses países, muito populosos, além de outros, como a Índia, que apresenta elevada taxa de crescimento da população, representariam um grande motor no consumo de gipsita. A industrialização em larga escala cria uma necessidade de melhorias rápidas na infraestrutura, com as populações cada vez mais prósperas exigindo habitação de melhor qualidade e melhores condições de vida. Os países em desenvolvimento usam grandes quantidades de cimento e muito menos placas de gesso. Essa proporção tende a mudar com a maturidade do mercado à medida que as despesas de infraestrutura diminuem e a habitação se torne mais importante para população (WORLDCEMENT, 2016).

11.1.1. Panorama Mundial

De acordo com USGS (2019), as reservas de gipsita são abundantes na maior parte dos países produtores, no entanto boa parte dos dados sobre reservas internacionais não está disponível. A produção mundial de gipsita em 2018 foi de 160 milhões de toneladas, uma redução de 0,4% em relação ao ano de 2017. Para a China, presentemente o maior mercado de gipsita, foi contabilizada em 2018 uma produção de 16 milhões de toneladas de gesso provenientes de suas minas. Entretanto, deve-se destacar uma produção 130 milhões de toneladas contabilizadas na forma de gesso sintético, que nos últimos anos foram incluídas no somatório de produção mundial de gipsita. No entanto, de acordo com dados do USGS (2019), grande parte dessa produção referida como gesso sintético, não é produto do beneficiamento da gipsita, e sim um subproduto originado da produção de ácido fosfórico, conhecido comercialmente como fosfogesso. Assim, a grande redução da produção de gipsita proveniente de minerações contabilizada para a China em 2018 (16 milhões de toneladas, ante 130 milhões) reflete uma recategorização de material de gipsita, e não deve ser interpretada como uma grande diminuição na produção mundial total de gipsita e nem da produção chinesa (USGS, 2019).

Considerando gesso oriundo do beneficiamento da gipsita, os EUA aparecem como principal produtor em 2018 com 21 milhões de toneladas de gipsita produzidas. Neste ano, o Brasil é listado como o maior produtor da América do Sul e um dos 20 maiores produtores do mundo, com uma produção de aproximadamente 3,4

QUADRO 20 - PANORAMA DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE GIPSITA POR PAÍS ENTRE 2016 E 2018.

DISCRIMINAÇÃO	PRODUÇÃO ⁽¹⁾ (10 ³ t)		
PAÍSES	2016	2017	2018 (E)
Estados Unidos	17.000	20.700	21.000
Argélia	2.130	2.200	2.200
Argentina	1.500	1.500	1.500
Austrália	2.580	14.700	15.000
Brasil	2.674*	2.100*	3.400
Canada	1.630	1.700	1.700
China	130.000(2)	15.500(3)	16.000(3)
Egito	2.200	2.200	2.200
França	3.280	4.200	4.200
Alemanha	1.800	3.100	3.100
Índia	3.500	2.700	2.700
Irã	16.000	16.000	16.000
Japão	4.670	4.700	4.700
México	5.380	5.400	5.400
Omã	6.050	5.500	5.500
Paquistão	1.660	2.000	2.000
Rússia	4.400	4.000	4.000
Arábia Saudita	1.860	3.150	3.150
Espanha	7.000	7.000	7.000
Tailândia	11.300	9.250	9.250
Turquia	9.000	9.000	9.000
Outros Países (e)	24.750	16.100	21.000
Total	260.364	152.700	160.000

Fonte: USGS: Mineral Commodity Summaries, 2018 e 2019; QUEIROZ FILHO; AMORIM NETO; DANTAS, 2018*.

Nota: (e) estimado; (1) somente países com produção acima de 1,3 milhões toneladas de gipsita; (2) produção com inclusão de gesso sintético; (3) produção sem inclusão de gesso sintético.

milhões de toneladas, ou 2,1% do total mundial estimado. No quadro 20 é mostrada a produção mundial de gipsita no período de 2016 a 2018, onde evidenciam-se os EUA, China, Irã e Austrália como os maiores produtores de gipsita em 2018.

11.1.2. Comércio Internacional

Dados do Observatory of Economic Complexity (2018), indicam que o gesso no ano de 2018 foi o 852º produto mais comercializado do mundo, com valor das exportações globais estimado em US\$ 1,27 bilhão. Entre 2017 e 2018 o valor das exportações de gesso diminuíram 1,21%, de US\$ 1,29 bilhões para US\$ 1,27 bilhões, representando este último valor uma fração de apenas 0,0069% do comércio mundial total em 2018.

Os maiores países exportadores de gesso em 2018, em termos de valor comercializado, foram: Tailândia (US\$ 200 milhões), Omã (US\$ 147 milhões), Alemanha (US\$ 141 milhões), Espanha (US\$ 116 milhões) e Irã (US\$ 72,4 milhões), enquanto os maiores importadores de gesso: Índia (US\$ 108 milhões), Estados Unidos (US\$ 75,7 milhões), Japão (US\$ 69,8 milhões), Indonésia (US\$ 64,3 milhões) e Vietnã (US\$ 60,9 milhões). Em relação aos países com tarifas mais altas com importação de gesso incluem-se: Angola (50%), Bahamas (41%), Turcomenistão (33,3%), Afeganistão (30%) e Uzbequistão (28,7%). Já aqueles com as tarifas mais baixas compreendem: Quênia, Ilhas Maurício, Ruanda, Uganda e África do Sul, que isentam cobranças com importações de gesso. A tarifa média girou em torno de 4,93% (OEC, 2018).

As figuras 60 e 61 mostram as participações das principais nações exportadoras e importadoras de gesso no mundo, respectivamente.



Figura 60 - Principais exportadores mundiais de gesso, em termos de valor comercializado, em 2018 (Observatory of Economic Complexity – OEC, 2018).

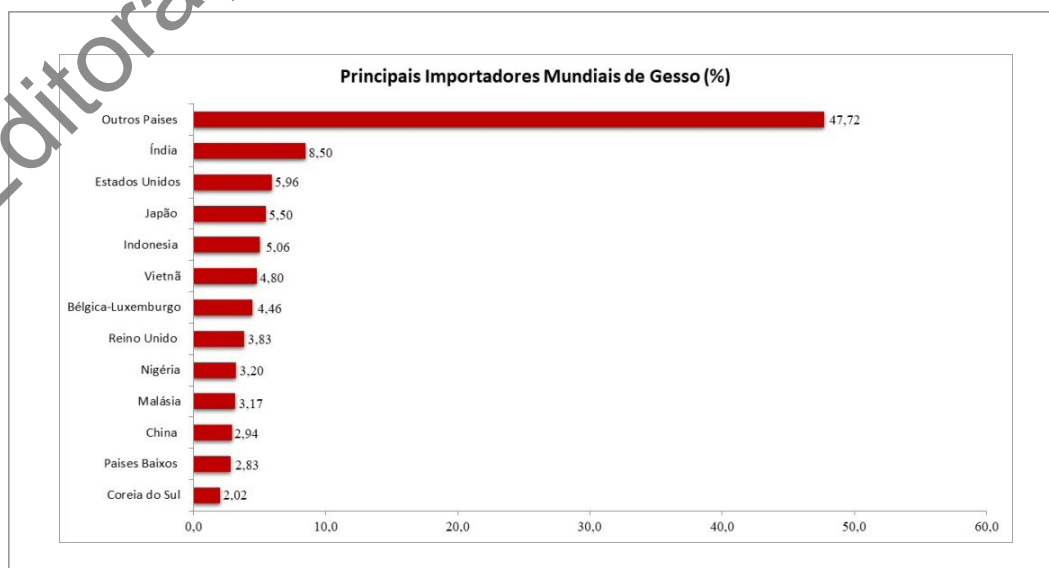


Figura 61 - Principais importadores de mundiais de gesso, em termos de valor comercializado, em 2018 (Observatory of Economic Complexity – OEC, 2018).

No que concerne à participação no comércio mundial, a indústria de placas de gesso é moderadamente fragmentada, com presença de um grande número de empresas de mercado proeminentes em todo o mundo destacando-se entre elas: *Etex Corp*, *Global Mining Company LLC* e *Saint-Gobain Gyproc*. Outras empresas incluem *National Gypsum Company*, *Lafarge*, *UMI Company Ltd.*, *Taishan Gypsum Co. Ltd.*, *Knauf Dubai*, *Baier Group*, *Yoshino Gypsum Co. Ltd.*, *USG-Zawawi LLC*, *Beijing Tonglanhai Technology Co. Ltd.*, *Gulf Gypsum Co*, *Pequim Novo Material de Construção* e *Gypsemna*, entre outras (GLOBENEWSWIRE, 2016).

11.1.2.1. Comércio exterior brasileiro

O suprimento de gesso no Brasil tem seu maior comprometimento pelo uso de lenha nativa como principal fonte de energia na calcinação da gipsita, como se observa na mineração da substância no Polo Gesseiro do Araripe, que produz a maior parte do gesso nacional, com o minério considerado como um dos melhores do mundo e com excelentes condições de mineração no que tange ao REM e a geomorfologia das jazidas (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005). Outro gargalo se relaciona ao alto custo logístico, que se vale notadamente do transporte rodoviário aos centros consumidores, penalizando a competitividade do gesso. Neste sentido, é alvissareira a notícia sobre a implantação Ferrovia Transnordestina, projeto que visa criar uma malha ferroviária de 1.728 km, que permitirá a ligação daquela região produtora aos portos de Suape em Pernambuco e Pecém no Ceará, facilitando o escoamento da produção com custos mais reduzidos.

Em 2018, o comércio exterior de gesso do Brasil apresentou déficit, chegando a US\$ 13 milhões, sendo

responsável por esse número as importações de chapas de gesso do sistema *drywall*, as mais representativas dentre as importações de gesso, que tem no México, Argentina e Espanha os principais fornecedores. No quadro 21 são mostrados dados do comércio exterior do Brasil, relativos a exportações e importações para diversos produtos da gipsita.

11.1.3. Panorama Nacional

Como pode ser observado na figura 62, entre os anos de 2005 e 2012 a produção de gipsita no Brasil mais que dobrou, com a produção em 2012 alcançando seu maior pico, ou seja, 3,75 milhões de toneladas. Nos anos subsequentes, entretanto, impactada pela crise econômica e política brasileira que se avizinhava, ela começou a mostrar tendência de queda, atingindo patamares mínimos de produção no biênio 2016-2017 (BRASIL, 2021b).

De acordo com dados da Agência Nacional de Mineração, em 2017 a produção brasileira de gipsita bruta (*Run of Mine – ROM*) foi de 2,1 milhões de toneladas, uma redução de 21,9% em relação ao de 2016 e 44,7 % menor em relação ao pico de produção atingido em 2012 (QUEIROZ FILHO; AMORIM NETO; DANTAS, 2018). Os dados do Anuário Mineral Estadual Pernambuco (BRASIL, 2020), mostraram que o estado em 2017 foi o principal produtor de gipsita do Brasil, sendo responsável por 1,7 milhões de toneladas ou 80% do total produzido, a qual, basicamente, oriunda das minas localizadas no Polo Gesseiro do Araripe, abrangendo os municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri. Outros estados produtores de gipsita neste ano foram: Maranhão (17,3%), Tocantins (2,2%), Pará (0,4%), Amazonas (0,2%), Rio Grande do Norte (0,1%) e Ceará (0,1%). Em

QUADRO 11 - PRINCIPAIS DADOS DE EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES DO BRASIL E SALDO DA BALANÇA DE PRODUTOS DE GIPSITA ENTRE 2015 E 2018.

DISCRIMINAÇÃO	2015		2016		2017		2018	
	EXPORTAÇÕES							
	T	103 US\$	T	103 US\$	T	103 US\$	T	103 US\$
Gipsita	1	0	0	8	81	10	1	10
Gesso formas de gesso	8	20	4	11	26	16	0	1
Outras formas de gesso	27.009	1.039	27.132	904	31.547	1.147	30.637	1.063
Outras composições p/dentistas	136	1.004	118	854	88	672	1.449	843
Chapas n/ornamentais de gesso p/cartão	1.370	367	2.636	495	3.087	578	3.445	670
Outras chapas, placas, painéis e Não ornamentadas	160	93	0	0	11	13	14	15
Outras obras de gesso	128	91	86	74	26	44	14	44
Pastéis, carvões, gizes p/ escrever, alfaiates	79	414	63	319	56	297	63	322
Total	28.891	3.028	30.039	2.665	34.922	2.777	35.623	2.968
DISCRIMINAÇÃO	IMPORTAÇÕES							
	t	10³ US\$	t	103 US\$	t	10³ US\$	T	10³ US\$
Gipsita	167.325	2.140	208.462	2.859	157.698	2.103	357.359	5.238
Gesso formas de gesso	647	639	785	716	732	762	733	763
Outras formas de gesso	3.023	886	1.667	535	1.369	454	2.823	700
Outras composições p/dentistas	372	682	99	255	381	800	4.060	2.616
Chapas n/ornamentais de gesso p/cartão	44.084	7.959	28.626	4.226	39.131	5.963	11.799	2.076
Outras chapas, placas, painéis e Não ornamentadas	2.578	1.193	4.310	1.474	6.952	2.260	7.079	2.517
Outras obras de gesso	1.726	548	488	135	2	26	5	41
Pastéis, carvões, gizes p/escrever, alfaiates	1.123	2.648	936	2.088	1.030	2.232	1.036	2.019
Total	220.878	16.695	245.373	12.288	207.295	14.600	384.894	15.970
Saldo	191.987	13.667	215.334	9.623	172.373	11.823	349.271	13.002

Fonte: Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos (SGM, 2019).

2017 cerca de 39 empresas declararam ter produzido gipsita, sendo as maiores produtoras: Mineradora São Jorge, Gesso Integral, Rocha Nobre Mineração, Mineração Alto Bonito, Votorantim Cimentos N/NE, Mineradora Sombra da Serra, Mineração Puluca, Alencar e Parente Mineração, Indústria de Gessos Especiais e *Royal Gipso*. Em conjunto essas empresas foram responsáveis por 83,3% da produção nacional em 2017 (QUEIROZ FILHO; AMORIM NETO; DANTAS, 2018).

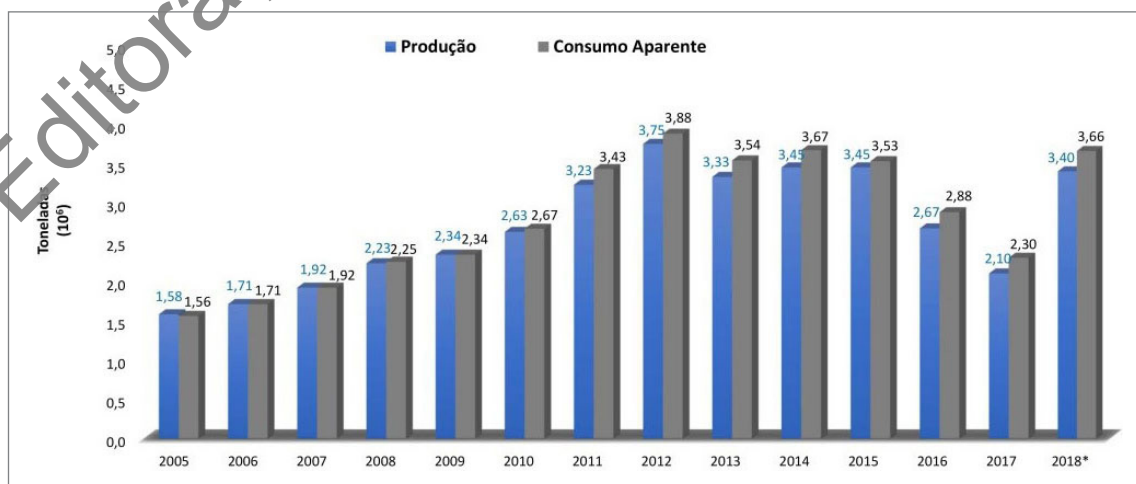
No que tange ao consumo interno aparente de gipsita, no período entre 2014 e 2017, período de turbulência e recuperação vagarosa da economia brasileira, houve contração de 39,1% no consumo aparente de gipsita (Figura 62). Em 2017 o consumo per capita anual de gesso no Brasil foi de aproximadamente 11 kg, valor bem abaixo da média dos países industrializados (QUEIROZ FILHO; AMORIM NETO; DANTAS, 2018).

Geralmente é liderado pelo setor da construção civil, o consumo sofreu contração principalmente por conta

do desaquecimento deste setor, destino majoritário da produção. Outro setor de consumo também com retração, porém com muito menos impacto, foi o do segmento agrícola, que, entretanto, devido a sua menor relevância na cadeia de consumo não ajudou a minimizar a crise de demanda pela gipsita. Em 2018, dados do *United States Geological Survey* (USGS, 2019), baseados na retomada do crescimento do país, estimou uma produção de 3,66 milhões de toneladas de gipsita.

11.1.4. USOS E ESPECIFICAÇÕES DE MERCADO

De modo geral, nos países em desenvolvimento o principal uso da gipsita ainda é na manufatura de cimento, ao contrário dos países desenvolvidos onde o consumo da substância é maior nos produtos de gesso calcinado. Neste sentido, é importante enfatizar que os gastos globais com atividades de construção vêm aumentando significativamente e com isso a demanda por gesso,



Fontes: ANM – Sumário Mineral Brasileiro (BRASIL, 2021b); USGS: Mineral Commodity Summaries, 2018 e 2019.

Nota: *Consumo aparente estimado para 2018 projetado com base nos 3 anos anteriores.

Consumo aparente = produção + importação – exportação.

Figura 62 - Evolução da produção de gipsita no Brasil (*Run of Mine* – ROM).

decorrentes de maiores investimentos em infraestrutura, sobretudo em mercados de alto potencial, como África do Sul, México, China, Índia, Brasil e Rússia, entre outros, criando perspectivas lucrativas para as vendas de seus produtos. Vale também acrescentar, que, segundo pesquisas recentes, mais de 1.500 milhões de m² de superfícies interiores na Europa são cobertos todos os anos com gesso, na forma de chapas, blocos e massas para revestimento, entre outros.

Nas economias emergentes da Ásia-Pacífico, o setor de construção tem crescido rapidamente. As autoridades de habitação de Hong Kong lançaram uma série de medidas para impulsionar a construção de moradias de baixo custo. Da mesma forma, o setor de construção indiano está crescendo a uma taxa aproximada de 7% a 8%, com projetos de urbanização e novas atividades de construção, como moradias, pontes, barragens, estradas, ferrovias (trilhos de metrô), infraestrutura urbana, etc. A América do Norte detém domínio na participação no mercado global, sobretudo os EUA, onde mais de 97% das estruturas construídas se utilizaram de placas de gesso em 2018 (MORDORINTELLIGENCE, 2020).

Em suma, no contexto mundial, a gipsita tem amplo potencial de uso, sendo vista como uma componente chave em materiais de construção, como *drywall*, assim como na indústria do gesso para as mais variadas aplicações. Suas excelentes propriedades como isolante acústico e proteção contra incêndio são qualidades que diversificaram sua linha de produtos, ampliando seu emprego na construção civil. Sua combinação com materiais inovadores proporcionou o desenvolvimento de produtos com outras capacidades, como na proteção contra umidade (FMI, 2020). A gipsita também é considerada um potencial

componente alternativo como insumo agrícola, com várias pesquisas indicando o mineral como fonte de nutrientes e condicionador de solos.

Com o surgimento do *drywall* em 1995, um sistema de forros e paredes com chapas de gesso acartonado e uma alternativa aos materiais tradicionais para paredes e forros de alvenaria, registrou-se uma expansão do uso da gipsita no primeiro mundo. Dados referentes a 2013 (ano base 2012) apontaram os EUA como maiores consumidores de *drywall*, com cerca de 10 m²/hab/ano seguido da Austrália com 6,4 m²/hab, Japão 4,4 m²/hab, França 3,8 m²/hab e Reino Unido 3,6 m²/hab.

Ocupando posição ainda modesta no cenário mundial, o Brasil vem aumentando o consumo dessas chapas. Em 2013, apresentou um crescimento de 39% em relação ao ano anterior, registrando um consumo per capita de 0,25 m². Por região e neste mesmo ano, no tocante ao consumo médio de *drywall* por habitante, o estado de São Paulo foi destaque, com 0,43 m², seguido pelos demais estados do sudeste, com média de 0,18 m², a região Sul (0,16 m²), o Centro-Oeste (0,15 m²) e o Nordeste (0,07 m²) (SGM, 2019).

Em 2006, segundo BALTAR; BASTOS; LUZ, (2005), 40% da gipsita produzida no país foram consumidas de forma *in natura* na indústria cimenteira (34%), para fabricação de cimento do tipo *Portland*, e na agricultura (6%), com o restante calcinado para a produção de gesso. De acordo com o Sumário Mineral Brasileiro (QUEIROZ FILHO; AMORIM NETO; DANTAS, 2018), em 2017, a gipsita consumida no Brasil foi predominantemente destinada à construção civil, com percentual muito pequeno utilizado como insumo agrícola. É crível supor que nesta estatística parcela usada na indústria do cimento esteja contabilizada na referência à construção civil.

Na sua forma calcinada, do qual são gerados produtos designados como hemidratos (gessos), ela se divide em dois grandes campos de aplicação: gesso para construção civil e gesso industrial, este último um produto de elevada pureza e maior valor agregado, que compreende o hemidrato conhecido como gesso *alfa*. Em relação ao gesso empregado na construção civil, em geral, ele é obtido a partir de um minério com grau de pureza superior a 75%. Sua calcinação produz o chamado hemidrato beta que, dependendo do processo, pode ser do tipo A (gesso de fundição) ou do tipo B (gesso de revestimento). A partir dos gessos alfa e beta são obtidos diferentes produtos, cujos alguns campos de aplicação são listados a seguir (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005):

- Gesso de fundição utilizado para a confecção de pré-moldados;
- Placas para rebaixamento de tetos;
- Blocos para paredes divisórias;
- Gesso para isolamento térmico e acústico;
- Gesso para portas corta fogo;
- Gesso de revestimento;
- Cerâmica;
- Indústria do Vidro;
- Carga Mineral (carga de alta qualidade ou diluente na fabricação de papel, plásticos, adesivos, tintas, madeiras, têxteis e alimentos, etc.);
- Indústria Farmacêutica;
- Ortopédico;
- Odontológico.

Cabe destacar que a obtenção de cada uma dessas variedades de produto requer condições específicas com relação ao tipo de gipsita, tipo de forno, condições de calcinação e tratamento posterior. No polo gesseiro da região do Araripe, o gesso de fundição (tipo A) e de revestimento (tipo B) é produzido sem a adição de produtos químicos. A partir dos tipos A e B do gesso beta, considerados gessos básicos, são produzidos outros tipos de gessos para aplicações específicas, entre eles: gesso cola, gesso cerâmico, argamassas e giz. O gesso *alfa*, por sua vez, tem aplicações na indústria cerâmica, além de uso ortopédico e odontológico. Em cada caso, o processo envolve o uso de aditivos como agregados, produtos químicos, corantes, etc.

Como insumo agrícola, conforme BRASIL, LIMA, CRAVO (2020), a substância é fonte de nutrientes, como o cálcio e enxofre e pode ser utilizada como condicionador de subsuperfície, minimizando os efeitos da acidez de subsolo, além de atuar na correção de solos sódicos. Uma de suas funções é alterar a forma iônica do Al trivalente, que é mais tóxica, para uma forma menos tóxica. Essa redução da acidez do solo é relacionada à diminuição da saturação por alumínio e aumento do teor de cálcio em profundidade, melhorando o ambiente radicular. Neste sentido, uso agrícola da gipsita complementa o

calcário, sendo importante nas camadas mais profundas (20 a 40 cm), onde o calcário é menos efetivo, por ter menor solubilidade.

11.1.4.1. Principais Especificações da Indústria

O Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) está coordenando desde 2010 o grupo de trabalho incumbido de elaborar novas regras técnicas para a comercialização do gesso natural, seus componentes e argamassas. Neste sentido, foi criada ainda pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnica) em PE uma comissão especial de estudo (CEE) destinada a especificação que esses produtos devem apresentar, quando chegarem ao consumidor final. A CEE é composta por representantes dos produtores, dos consumidores e de outras instituições, consideradas neutras, como o ITEP. O objetivo da comissão é atualizar as normas e requisitos para produção, aplicação e métodos de ensaio do gesso. Esse trabalho de atualização é imprescindível para o setor, já que algumas normas estão em vigor mais de 20 anos.

De acordo com FERREIRA (2017), no Brasil há praticamente todos os tipos de gesso disponíveis no mercado internacional. No entanto, apenas 3 tipos são normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo eles gessos de fundição de revestimento (com e sem aditivo) e gesso cola. Os outros tipos de gesso produzidos e comercializados no Brasil são regidos por normas internacionais, como, por exemplo, o gesso para revestimento projetado e o contrapiso autonivelante, além dos chamados gessos especiais.

Segundo BALTAR, BASTOS; LUZ (2005), a utilização do gesso na construção civil é regulada pela norma NBR – 13207: Gesso para Construção Civil, de outubro de 2004. Para a aplicação dessa norma é necessário consultar as normas: (i) NBR 12127 (gesso para construção – determinação das propriedades físicas do pó/método de ensaio); (ii) NBR 12128 (gesso para construção – determinação das propriedades físicas da pasta – método de ensaio); (iii) NBR 12129 (gesso para construção – determinação das propriedades físicas da pasta – método de ensaio e (iv) NBR 12130 (gesso para construção – determinação de água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidro sulfúrico – método de ensaio).

As NBR 12127, 12128, 12129 e 13207, que relatam métodos de ensaio, foram atualizadas em 2017. A tabela 1 ilustra sumariamente as exigências físico-químicas e mecânicas necessárias à classificação do gesso de construção civil (em pó, pasta e endurecido), conforme a norma NBR 13207 (FERREIRA, 2017).

O gesso cola utilizado na construção civil é definido pela ABNT como um gesso destinado à colagem de elementos pré-moldados construídos essencialmente de gesso na execução de fechamentos (paredes e tetos) e

Tabela 1 - Principais especificações da norma NBR 13207 quanto às exigências físico-químicas e mecânicas para a classificação do gesso para a construção civil (FERREIRA, 2017).

REQUISITOS FÍSICOS DO GESSO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (TEMPO DE PEGA) - NBR13207		
ENSAIOS	TEMPO DE PEGA (min)	
	INÍCIO	FIM
Gesso para fundição	≤ 10	≤ 20
Gesso para revestimento (sem aditivo)	≥ 10	≥ 35
Gesso para revestimento (com aditivo)	≥ 4	≥ 50
EXIGÊNCIAS QUÍMICAS DO GESSO SEM ADITIVOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL - NBR13207		
DETERMINAÇÕES QUÍMICAS	LIMITES (%)	
Água livre	máx. 1,3	
Água de cristalização	4,2 a 6,2	
Óxido de cálcio (CaO)	mín. 38,0	
Anidrido sulfúrico (SO ₃)	mín. 53,0	
REQUISITOS FÍSICOS DO GESSO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (GRANULOMETRIA VIA SECA) - NBR13207		
CLASSIFICAÇÃO DO GESSO	GRANULOMETRIA MÍNIMA	
Gesso para fundição	(peneira abertura 0,29 mm) ≥ 90% passante	
Gesso para revestimento	(peneira abertura 0,21 mm) ≥ 90% passante	
REQUISITOS FÍSICOS E MECÂNICOS DO GESSO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL		
ENSAIOS	UNIDADE	LIMITE
Massa unitária	g/cm ³	≥ 600
Dureza	N/mm ²	≥ 20
Aderência	Mpa	≥ 0,2

que inclui pequenos percentuais de aditivos (retentores de água, reguladores de pega, agentes de consistência, entre outros), podendo conter também cargas inativas (BALTAR, BASTOS, LUZ, 2005). Na tabela 2 são apresentadas as especificações exigidas para o gesso cola.

Com respeito às especificações estabelecidas pelo Ministério da Agricultura para uso agrícola da gipsita, elas podem ser visualizadas na tabela 3.

No tocante aos gessos especiais, até o momento, não há no Brasil normas oficiais para o uso desses produtos. Na tabela 4 são apresentadas as exigências internacionais para o uso desses tipos de gessos, especificamente para fins odontológicos (ela estabelece que o gesso deve resistir ao teste da água fervente, por 1 hora, sem deixar gretas ou fissuras e não pode causar reações tóxicas sobre os usuários), uso farmacêutico e para carga mineral na fabricação de papel, plásticos, adesivos e outros.

Tabela 2 - Principais especificações para o gesso cola empregado na indústria da construção civil (BALTAR, BASTOS; LUZ, 2008).

ESPECIFICAÇÕES DE GRANULOMETRIA PARA O GESSO COLA		
PENEIRA ABNT (nº)	ABERTURA (mm)	MATERIAL (PASSANTE %)
40	0,4	100
80	0,18	> 95
ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS PARA USO DE GESSO COLA NA CONSTRUÇÃO CIVIL		
COMPOSTO	LIMITES (%)	
Anidrido Sulfúrico (em SO ₃)	> 50	
Óxido de Cálcio (em CaO)	> 35	
ESPECIFICAÇÕES COM RELAÇÃO ÀS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA PASTA DO GESSO COLA PARA USO EM CONSTRUÇÃO CIVIL - NBR12128		
DETERMINAÇÕES		LIMITES
Tempo de Pega (min)	Início	> 60
	Fim	> 80
Consistência (mm)	30 - 36	
Retenção de água (%)	> 90	
Resistência à tração no arrancamento (Mpa)	> 0,3	

Tabela 3 - Especificações para o uso agrícola da gipsita, de acordo com o Ministério da Agricultura (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008).

DETERMINAÇÕES	LIMITES (%)
Passante em peneira de 10 malhas	95% (mín.)
Passante em peneira de 50 malhas	50% (mín.)
Teor de cálcio	16% (mín.)
Teor de enxofre	13% (mín.)

11.1.5. Estrutura Produtiva

No desenvolvimento do Polo Gesseiro do Araripe, tomado como referência, ele foi inicialmente motivado pela existência de um grande número de jazidas aflorantes, com fácil acesso e custos de lavra relativamente baratos, concatenada a perspectiva de um mercado para sua matéria-prima formada pela indústria de cimento existente nas regiões nordeste e sudeste. Entretanto, puxada pelo crescimento da indústria da construção civil que se avizinhava, aliada a vasta oferta de minério e vislumbrando a abertura desse mercado ao surgimento de produtos inovadores decorrentes do beneficiamento da gipsita, como o *drywall*, as operações de lavra se expandiram, assim como instalaram-se no entorno das minas várias unidades de calcinação

Tabela 4 - Especificações internacionais exigidas para gessos especiais (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008).

ESPECIFICAÇÕES EXIGIDAS PARA GESSO PARA USO ODONTOLÓGICO	
PROPRIEDADE	LIMITE
Pureza	100%
Expansão de presa	< 0,3 %
Resistência à compressão	> 20,5 Mn/m ²
Tempo de pega	2 - 20 minutos (depende da utilização)
Granulometria	> 600 µm, 0,25% (máx.)
ESPECIFICAÇÕES EXIGIDAS PARA GESSO UTILIZADO PARA FINS FARMACÊUTICOS	
PROPRIEDADE	EXIGÊNCIA
Pureza	99% (mín.)
Cor (alvura ISO)	89% (mín.)
Granulometria (µm)	> 150: 2,5 % (máx.)
	150 a 75: 10 -25%
	< 75: 72,5 - 90%
Composição química	As: < 3 ppm
	Se: < 30 ppm
	F: < 30 ppm
	Fe: < 100 ppm
	Pb: < 10 ppm
	metais pesados: < 10 ppm
ESPECIFICAÇÕES EXIGIDAS PARA O GESSO UTILIZADO COMO CARGA MINERAL EM DIVERSAS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS	
PROPRIEDADE	EXIGÊNCIA
Pureza	98,7 (mín.)
Cor (alvura ISO)	> 91%
Índice de refração	1,54
Peso específico (g/cm ³)	2,60
Abrasividade (mg)	10 a 14
Fe ₂ O ₃ (%)	0,06 (máx.)
SiO ₂ (%)	0,14 (máx.)
Granulometria (µm)	> 53 (1% máx.)

e de pré-moldados de gesso, iniciando-se uma fase de agregação de valor ao minério in natura. Dentro de um dinamismo empresarial e aporte de tecnologia subsequente foi observada melhoria dos processos de calcinação, com oferta de gessos de melhor qualidade e diversificação de produtos com maior preço unitário. A abertura da fronteira agrícola no oeste baiano e sul do Piauí, por seu lado, cria uma nova perspectiva de ampliação do mercado da gipsita, com grande potencial para desenvolvimento do segmento, com vistas a sua utilização como insumo agrícola, considerando suas

características físico-químicas como fonte de nutrientes e condicionador de solos.

Em um comparativo com as práticas internacionais, pode-se afirmar que as minas brasileiras mais bem estruturadas operam em padrões compatíveis, perdendo apenas na escala de produção (BEZERRA, 2009).

No processo de calcinação que envolve a transformação da gipsita no gesso, são utilizados equipamentos diferenciados para a obtenção das duas variedades de hemidrato, como citadas antes: o gesso *beta*, produzido em fornos que operam sob pressão atmosférica, com controle do processo mais flexível; e o gesso *alfa*, um produto de melhor qualidade obtido em autoclaves, com pressão superior à atmosférica e de controle mais rígido (BEZERRA, 2009).

A concentração das atividades em polos de desenvolvimento no Brasil favoreceu o intercâmbio com tradicionais países europeus produtores de gesso, além do que crescimento da indústria metal-mecânica local, com a formação de práticos com experiência para atender soluções próprias na fabricação, reparos e adaptações de fornos e de outros equipamentos projetados no país ou mesmo no exterior (BEZERRA, 2009). É notável a evolução mercado interno da gipsita concomitante a inovação tecnológica pela qual vem passando a indústria do gesso, em busca de produtos de melhor qualidade amparados por certificação técnica.

De acordo com o sumário mineral brasileiro (BRASIL, 2021b), em 2017, cerca de 39 empresas declararam ter produzido gipsita, a grande maioria localizada no Polo de Araripe, sendo as principais, que no seu conjunto responderam por pouco mais de 83% da produção nacional em 2017: Mineradora São Jorge, Gesso Integral, Rocha Nobre Mineração, Mineração Alto Bonito, Votorantim Cimentos N/NE, Mineradora Sombra da Serra, Mineração Puluca, Alencar e Parente Mineração, Indústria de Gessos Especiais e *Royal Gipso*. Além destas, estão listadas no quadro 23 outras empresas produtoras de gipsita no Brasil.

11.1.5.1. Etapas da cadeia produtiva

De forma sumarizada, todo processo da cadeia produtiva da gipsita, desde da lavra a disponibilização dos produtos finais, pode ser visualizado na figura 63. A linha de produtos a partir da calcinação, como já colocado várias vezes anteriormente, inclui itens como: gesso de fundição para a fabricação de pré-moldados, gesso de revestimento para acabamento na construção civil, placas e blocos de gesso (pré-moldados), gesso acartonado (*drywall*), gesso cola e gesso projetado. Na sua forma *in natura* são obtidos o chamado “gesso agrícola” e a gipsita para emprego na indústria cimenteira (HENRIQUES, 2013). Usos mais nobres da gipsita implica estágios tecnológicos mais avançados

QUADRO 12 - PRINCIPAIS EMPRESAS PRODUTORAS DO SETOR DE GIPSITA/GESSO DO BRASIL (SINDUGESSO, 2020; BRASIL, 2021B).

GRUPOS	MARCAS QUE PRODUZEM	UNIDADES DE PRODUÇÃO	UF COM UNIDADES DE PRODUÇÃO
Motoranem Cimentos N/NE S.A	GESSO AGRÍCOLA ITAÚ	1	PE
Chaves S.A.	CHAVES	1	CE
Gesso Trevo Ltda	TREVO GESSO	1	PE
CBE - Companhia Brasileira de Equipamento	NASSAU	1	PE
Mineradora São Jorge	SÃO JORGE	1	PE
Gesso Integral	GESSO INTEGRAL	1	MA
Rocha Nobre Mineração Ltda	ROCHA NOBRE	1	PE
Mineração Alto Bonito Ltda	MAB	1	PE
Supergesso S.A. Ind. e Com.	SUPERGESSO	1	PE
Mineradora Sombra Da Serra Ltda	SOMBRA DA SERRA	1	PE
Mineração Puluca	PULUCA	1	PE
Alencar e Parente Mineração Ltda	ALENCAR & PARENTE MINERACÃO	1	PE
Indústria de Gessos Especiais Ltda	IGE	1	PE
Royal Gipso Ltda	ROYAL GIPSO	1	PE
Plaster Indústria e comércio de gesso	BG, GF	1	PE
Grupo Etex - Siniat S.A. Mineração, Ind. e Com.	GYPSUM	1	SP
Ecogesso Indústria e Comércio Ltda	ECOGESSO	1	PE
Gesso Itajaí	GESSO ITAGAI	1	PE
Gesso Ouro Fino	OURO FINO	1	PE
Brigesso	BRINGESSO	1	PE
Gesso Mineral	GESSO MINERAL	1	PE
BRC Gesso	BRC GESSO	1	PE
MPGesso	MP GESSO AGRÍCOLA	1	PE
Gesso Progresso	GP	1	PE
Gesso Castelo	GESSO CASTELO	1	SP
Gesso América	GESSO AMÉRICA	1	PE
Gesso Modesto	GESSO MODESTO	1	PE
SM Gesso	SMGESSO	1	PE
Novo Gesso	NOVO GESSO	1	PE
Catarina Gesso e Placas Ltda	GESSO CATARINA	1	PE
INGEL Indústria de Gesso e Premoldados Eireli	GESSO INGEL	1	PE
Gesso Cristal	GESSO CRISTAL	1	PE
Gesso Fácil	GESSO FÁCIL	1	PE
Gesso Aliança	GESSO ALIANÇA	1	PE
Qualimina - Mineração e Ap. do gesso	GESSO VITÓRIA	1	PE
Siqueira Mineração	GESSO SIQUEIRA	1	PE
Gesso Colefort	COLEFORT	1	PE

da cadeia produtiva do gesso, que é determinado conforme o porte das empresas, sendo observadas grandes inovações nessas últimas, no tocante à otimização dos planos de fogo, propiciada pela assistência técnica por parte de fabricantes/fornecedores de explosivos, uso

de informações geofísicas e de sondagem rotativa para melhor conhecimento das jazidas e consequente melhoria no planejamento da lavra, além da adoção de programas de controle de qualidade e investimentos em pesquisas (BEZERRA, 2009).

11.2. PREÇOS

A determinação do preço de comercialização está, entre outros fatores, relacionada com os custos de produção e comercialização do que se propõe produzir a partir do beneficiamento da gipsita. O maquinário para calcinação, por exemplo, compreende vários itens de custos relativamente elevados, tais como: tremonhas, britadores, silos, moinhos, fornos de calcinação e ensacadoras. O custo de investimento numa planta completa gira em torno de R\$ 3,5 milhões. Vários equipamentos e máquinas podem ser confeccionados nas próprias empresas, em

lenha ou outros combustíveis (15–20%), empregados (10 a 15%) e energia elétrica (3% a 5%).

De acordo com HENRIQUES (2013), os preços dos produtos acabados de gipsita em 2013 eram: gesso beta (R\$ 120,00/t); placas (R\$ 3,50–4,00/m²) e blocos (R\$ 12,00/m²). Considerando apenas a produção de gesso beta numa calcinadora de pequeno porte (2.500 t/mês), era possível obter uma receita bruta de aproximadamente R\$ 300 mil/mês. Naquelas de maior porte (7 mil t/mês), também sem considerar a produção de placas, poderia se atingir um valor bruto de R\$ 840 mil/mês. Vale frisar, que o processo fabril do gesso alfa, em termos de capital e de custos operacionais, é bem mais elevado, mas pode ser recompensado pelo maior valor agregado do produto final, que oscila entre R\$ 1,7 mil e R\$ 5 mil por tonelada. Em relação aos preços médios (FOB) de comercialização da gipsita bruta, contudo, eles são bem mais reduzidos, sendo registrado no período de 2010 e 2018 valores que oscilaram entre R\$15,00 e R\$20,00 por tonelada. O histórico de preços médios de comercialização da gipsita bruta no polo gesseiro do Araripe (PE) e também no mercado americano (EUA) entre 2010-2018 é mostrado na tabela 5, enquanto no quadro 23, os preços médios de comercialização de gipsita bruta e beneficiada (na forma de gesso), além de produtos manufaturados discriminados entre importados e exportados, entre 2015 e 2017 no Brasil.

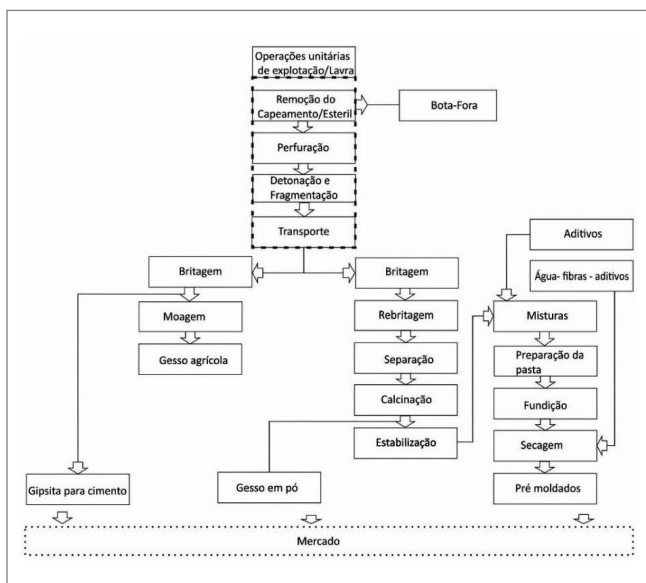


Figura 63 - Fluxograma esquemático simplificado do processo produtivo da gipsita/gesso e produtos de menor complexidade tecnológica (Adaptado de Henriques, 2013).

particular naquelas onde há melhor estrutura e oficinas capacitadas, ou ainda em pequenas metalúrgicas da região. Um britador, por exemplo, pode custar cerca de R\$ 250 mil, enquanto o sistema completo de um forno “barriga quente” e silos atingir R\$ 1 milhão, requerendo para sua montagem chapas e perfis de aço, assim como tijolos refratários. Um forno rotativo horizontal e contínuo apresenta um custo mais elevado, entre 50% e 70% superior esse último valor, podendo ser fabricado no país ou importado (HENRIQUES, 2013).

As ensacadeiras automáticas com balanças são outro item importante e caro numa planta de calcinação, cujo valor pode chegar a R\$ 1,45 milhão. Além delas são necessários, entre outras coisas, galpões, exaustores, maquinário para picar lenha e silos para armazená-la. O principal item na composição de custos da produção do gesso tipo beta (despesas operacionais) é a matéria-prima, a gipsita, que varia entre 25% e 32% dos custos totais. Demais custos importantes são: embalagem (15%),

11.3. SINOPSE DO SETOR DE GIPSITA/GESSO PARAENSE

A produção de gipsita/gesso no estado sempre foi muito tímida. Conforme dados publicados pelo Anuário Mineral Estadual do Pará (BRASIL, 2021a), por um breve período, entre 2013 e 2017, foi produzida gipsita no estado, que era extraída de uma única mina, que alcançou no primeiro ano (2013) 6.895,97 toneladas. Nos anos seguintes a produção da substância a partir desta mina no Pará foi de 18.680,76 t (2014), 12.183,37 t (2015), 11.278,33 t (2016) e 8.074,34 toneladas (2017). Ao final de 2017 a mina, até então em atividade, paralisou sua produção devido ao fechamento da fábrica ITACIMPASA, em Itaituba, produtora do cimento NASSAU e para a qual era destinada toda sua produção. Tendo como base a produção de 2016, o volume de minério extraído equivalia um valor monetário de pouco mais de 507 mil reais, representando 0,79% do valor total da produção bruta de minério comercializada no estado e 0,4% do valor total da produção bruta de gipsita do Brasil.

Dados do Anuário Mineral do Estado do Pará (BRASIL, 2021a) indicam em 2016 reservas medida, indicada e inferida de gipsita no estado de 193 milhões t, 210 milhões t e 187 milhões t, respectivamente, que, em grande parte, estão suportadas pelos depósitos da CPRM do rio Cupari.

Tabela 5 - Evolução dos preços médios para a gipsita bruta (FOB) no polo gessífero do Araripe (PE) e nos EUA entre 2010-2018 (USGS- *Mineral Commodity Summaries*, 2015-2018; BRASIL, Anuário Mineral Estadual – PE 2010-2018, 2020).

ANO	BRASIL - GIPSITA BRUTA (FOB, R\$/T)	EUA - GIPSITA BRUTA (FOB, US\$/T)
2010	15,54	6,90
2011	19,44	8,20
2012	20,73	7,70
2013	21,86	7,50
2014	20,17	8,00
2015	24,24	7,80
2016	20,85	8,00
2017	20,07	7,50
2018 (p)	20,36	7,80

(p) preliminar; t = tonelada.

QUADRO 23 - PREÇOS MÉDIOS DE GIPSITA BRUTA E MANUFATURADOS ENTRE 2015 E 2017 (ANM/DIPLAM – SUMÁRIO MINERAL, 2015-2018; BRASIL, 2020).

DISCRIMINAÇÃO	2015 ^(R)	2016 ^(R)	2017 ^(P)
Gipsita bruta (FOB)	R\$24,24/t	R420,85/t	R420,07/t
Gipsita beneficiada (gesso) (FOB)	R\$36,16/t	R450,74/t	R4161,18/t
*Preços dos manufaturados (Imp. / Exp.) em US\$/t.	260,31 / 70,39	249,44 / 60,33	237,67 / 60,31

Nota: *preço médio anual dos manufaturados – importação/exportação; (p) preliminar; (r) revisado; t = tonelada.

Apesar destes números, toda a demanda de gesso para a construção civil e agricultura no Pará é importada de outros estados, com o minério originário principalmente de jazidas localizadas no Maranhão e Pernambuco (BRASIL; LIMA; CRAVO, 2020). Adicionalmente, é importante acrescentar, conforme dados da ANM disponíveis na base Sigmine (2021), no estado do Pará há 28 títulos minerários vigentes para substância gipsita, com fases variáveis entre alvarás de pesquisa e relatórios finais de pesquisa, distribuídos entre os municípios de Itaituba e Aveiro, cujas quantidades são discriminadas a seguir entre parêntesis para cada um deles (Aveiro: 15 autorizações de pesquisa, dois requerimento de pesquisa e uma concessão de lavra; Itaituba: oito autorizações de pesquisa e dois requerimentos de pesquisa).

A mina (Figura 64) está inserida no polígono do processo ANM nº 850.181/2002, com outorga à empresa Companhia de Equipamentos do Brasil, que, assim como a ITACIMPASA, pertence ao Grupo João Santos. Geologicamente, a jazida de gipsita em questão está relacionada a uma sequência Permo-Carbonífera da Bacia do

Amazonas, correspondendo a Formação Nova Olinda do Grupo Tapajós. O corpo de minério possui uma área de ocorrência de 122.500 m², tendo uma espessura média 13,27 m, totalizando um volume médio de 1.620.313 m³ com uma densidade de 2 t/m³. A mina, de pequeno porte, está localizada próxima ao distrito de Fordlândia, município de Aveiro, e a 70 Km a NE de Itaituba, e tem reserva medida da ordem de apenas 3.240.625 t. Estudos de viabilidade da jazida tinha previsão de uma extração de até 30.000 toneladas por ano. Conforme dados da ANM, a área da mina está bloqueada desde 21/12/2020.

Considerando as perspectivas de ampliação do uso da gipsita como uma opção para insumo agrícola, é auspicioso o levantamento feito no início de 2021 pelo IBGE (REDEPARÁ, 2021), que estima que, ao final deste ano, a produção agrícola no Pará deva ultrapassar 3,3 milhões de toneladas, uma variação para mais de 17% em relação a 2020. A estimativa para a área plantada no estado é que atinja 1,1 milhão de hectares ao fim de 2021, o que representa aumento de 14,6% em relação ao início do mesmo ano e de 17,1% em relação a 2020. A soja é o principal carro-chefe, com previsão de uma colheita de 2,1 milhões de toneladas em 2021, um crescimento acima de 17% em relação a 2020. Cumpre destacar, que o estado está entre os 10 maiores exportadores de grãos do país (PARÁ, 2020). Comparado as outras unidades da federação exportadoras, supera a Bahia (US\$ 620 milhões), Maranhão (US\$ 582 milhões) e ainda Santa Catarina (US\$ 570 milhões), e um dos principais fatores para isso são os corredores de escoamento de grãos entre o Pará e o Mato Grosso, que tem no complexo portuário de Miritituba, em Itaituba, um dos principais portos para a exportação dos grãos, e que está próximo aos ativos de gipsita da CPRM. O registro de volume de grãos acumulado em 2020 mostra evolução de 62,41% em relação ao mesmo período de 2019. A soja é o principal produto agro exportado pelo Pará, (50,13%), seguido da carne bovina (19,54%).

Neste cenário, considerando o corredor agrícola existente, o Mato Grosso tende a constituir um potencial mercado para gesso agrícola, por ser o mineral uma fonte de enxofre solúvel barata e os solos brasileiros, de um modo geral, ser carentes desse nutriente, além do que é uma fonte de cálcio. Na cultura da soja, o gesso agrícola tem sido utilizado na forma granulada, por proporcionar maior enraizamento, melhor nodulação e maior peso de grão (AGROLINK, 2018). Adicionalmente, vale registrar a existência de várias pesquisas realizadas em várias partes do cerrado brasileiro e para diferente culturas empregando a substância combinada ao calcário na correção da acidez dos solos, com benefícios comprovados, que já é uma prática comum entre os agricultores no processo de melhoramento do solo (Portal da EMBRAPA). A gessagem

é considerada uma alternativa viável agrônômica e economicamente ao produtor, pelo seu custo-benefício. Conforme a legislação brasileira, o gesso é classificado como corretivo de sodicidade e condicionador de solo (BRASIL; LIMA e CRAVO, 2020).

11.4. PERSPECTIVAS E INVESTIMENTOS

A despeito da crise desencadeada pelo Coronavírus (COVID-19) e à iminente recessão econômica, a previsão para o mercado mundial de gipsita é de crescimento para os próximos 5 anos. Grandes incertezas mercadológicas são vislumbradas no horizonte dos próximos meses e até anos, sendo necessárias mudanças e adaptações continuamente às novas condições do mercado em evolução. Neste sentido, a crescente conscientização entre os consumidores sobre materiais de construção ecologicamente corretos e mais seguros acaba por inserir a gipsita nesta rota, com aumento da sua demanda por meio de chapas de gesso em aplicações de *retrofit* (termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma) e renovação. A transição gradual de estruturas de construção tradicionais para projetos arquitetônicos inovadores levou os usuários finais a migrar para placas de gesso. Isso pode ser atribuído à variedade de designs oferecidos pelos fabricantes se valendo de painéis de gesso mais duráveis com resistência à curvatura aprimorada, onde se incluem outros produtos inovadores como placas de gesso purificadoras de ar e redutoras de som que contêm uma camada intermediária de polímero viscoelástico entre duas camadas finas especialmente formuladas. Com o progressivo fim do período pandêmico, as expectativas são de aumento significativo no número de projetos de desenvolvimento de infraestrutura e de industrialização em grande escala, em que se insere iniciativas governamentais. A demanda crescente por moradias de qualidade e melhores padrões de vida são vistos como fatores que vão impulsionar o crescimento do mercado, que deverá crescer a uma taxa CAGR 5,6% entre 2020 e 2025 (IMARCGROUP, 2020).

Quanto aos tipos de produtos, no contexto global, uma inovação é a aplicação crescente de gesso sintético (fibra de vidro com resina de poliuretano) na fabricação de drywall, sendo responsável pela maior parte da sua valoração. O gesso natural é considerado amplamente adequado na fabricação de vários materiais de construção, impulsionado pelo seu baixo custo e facilidade de manuseio e produção. Em função desses aspectos, que incluem suas propriedades como isolante acústico e térmico, a demanda por produtos do segmento drywall, assim como na própria indústria do cimento, que ainda se mantém com relativo ritmo

de crescimento, deve permanecer significativamente alta devido ao desenvolvimento previsto no setor de construção a nível mundial.

As tendências crescentes de avanços estéticos em estruturas de edifícios, devido à capacidade do produto de oferecer texturas e *designs* inovadores em sua superfície, impulsionam sua aplicação em construções de alto padrão, com os *players* do mercado se concentrando em capitalizar e alavancar sua presença para aumento da conscientização sobre o produto (PRNEWSWIRE, 2020). Os avanços tecnológicos e as mudanças no interesse dos clientes obrigam os construtores e *designers* de interiores a se concentrarem no apelo estético de sua criação, estimulando os participantes do mercado a se utilizar de plataformas de mídia social para divulgação sobre os benefícios do gesso.

No Brasil, gargalos que prejudicam o desenvolvimento do setor do gesso, envolvem dificuldades de acesso a financiamentos, à deficiência na assistência técnica, logística, a obtenção de licenças ambientais, a oferta de combustíveis, o transporte de produtos, a competição com outros produtos e a informalidade do setor (HENRIQUES, 2013), como, por exemplo, é observado no Polo Gesso do Araripe. Neste Polo evidenciam-se questões relacionadas à necessidade de melhoria do transporte dos produtos prontos (pó e produtos acabados), que, atualmente, é realizado por rodovias, o que reduz a competitividade do produto. Quanto à concorrência predatória e a informalidade, elas caminham juntas. Algumas empresas deixam de cumprir suas obrigações legais com respeito a encargos, tributos e declaração da produção real, entre outras coisas, e praticam preços inferiores aos das empresas que operam de acordo com a legislação vigente. A informalidade prejudica a obtenção de documentos para o acesso a linhas de crédito de bancos estatais, e omite a real capacidade e a dimensão do polo produtor, reduzindo sua importância e a atenção entre os tomadores de decisão e na esfera política (HENRIQUES, 2013).

No cenário nacional, de acordo com o boletim FOCUS sobre o PIB brasileiro de 2020, publicado pelo Banco Central do Brasil (2020), a previsão é de uma retração de 4,55 %, devido aos efeitos da pandemia (COVID-19). Esse indicador já é uma das atualizações em relação ao relatório de março de 2019, que, então, previa crescimento para PIB em 2,88% (BCB, 2019). No relatório semanal de 20 de novembro 2020, as previsões atualizadas apontavam crescimento PIB da ordem 3,4 % em 2021 e 2,5 % e em 2022. Em relação ao IPCA, a previsão era se manter entre 3,40 % e 3,50 % nos respectivos períodos (BCB, 2020).

Mesmo com esse ritmo lento, a expectativa é de que a economia brasileira deverá andar e gerar novos empregos, promovendo melhoria no poder aquisitivo da população, com boas perspectivas para o setor materiais

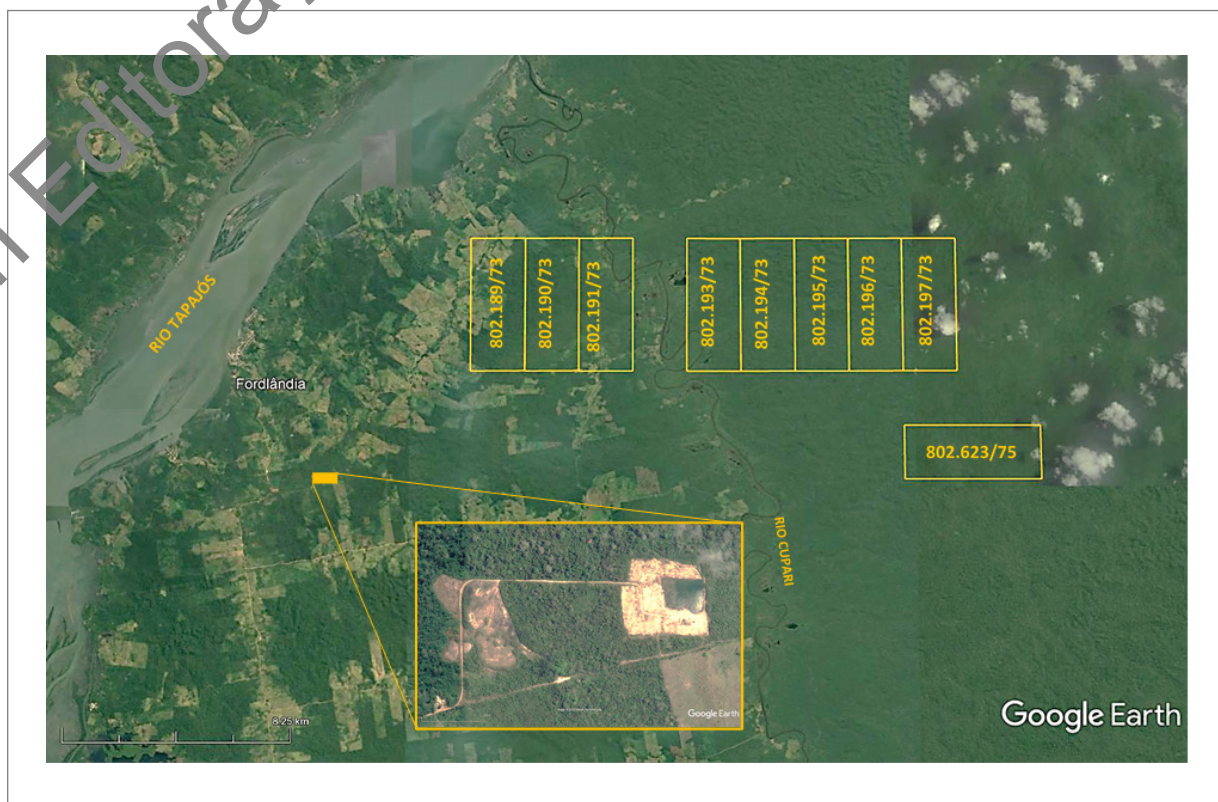


Figura 64 - No detalhe, a mina inativa de gipsita no distrito de Fordlândia (município de Aveiro) e sua localização em relação as poligonais dos processos de pesquisa da CPRM (Google Earth, 2021).

de construção civil, através do aumento da demanda por novas moradias e de reformas em imóveis, principalmente em regiões consideradas potencialmente dinâmicas, como, por exemplo, a região onde localizadas as jazidas de gipsita da CPRM.

11.4.1. Dinâmica Econômica da Região RI Tapajós (PA) e Investimentos

A região onde estão localizadas áreas de direitos minerários da CPRM abordadas pelo Projeto Gipsita Rio Cupari (Itamaguari) está inserida na denominada Região de Integração Tapajós ((RI Tapajós), criada pelo Decreto Estadual nº 1.066, de 19 de junho de 2008, a qual abrangendo seis municípios: Aveiro, Itaituba, Jacareacanga, Novo Progresso, Rurópolis e Trairão. Sua população, em 2018, era estimada em torno de 253.023 habitantes, equivalente a 3% da população estadual. Itaituba é o município de maior contingente populacional, representando 40% da população da RI, seguido de Rurópolis (20%) e Novo Progresso (10%). A taxa de crescimento populacional média entre 2010 e 2018 foi de 0,64%, abaixo da média estadual, de 1,46%, para o mesmo período. Em 2016, o Produto Interno Bruto (PIB) estimado da região foi de R\$ 3 bilhões, que equivale a 2% do PIB Estadual. Na composição do PIB, o setor de serviço contribuiu com 33%, a atividade da

administração pública com 26%, a agropecuária com 20%, a indústria com 12%, e os Impostos sobre produtos com 9% (PARÁ, 2019).

De acordo como o plano plurianual 2020-2023 da RI Tapajós (PARÁ, 2019), há previsão de investimento em infraestrutura e logística da ordem de R\$ 1,7 milhões, R\$ 2,3 milhões em programas relativos ao meio ambiente e ordenamento territorial, R\$1,8 milhões em educação profissional e tecnológica, R\$ 100,6 milhões em desenvolvimento urbano, habitação, saneamento e mobilidade, além de investimentos de cerca de R\$ 7,6 milhões no setor agrícola, pecuária, pesca e aquicultura. Estes investimentos quando somados aos de outros setores (como Ciência, Tecnologia e Inovação, saúde e segurança, etc.), na RI Tapajós, devem totalizar R\$ 684,6 milhões no período de 2020-2023.

É importante destacar, que a RI Tapajós faz parte das principais zonas de tráfego fluvial do estado do Pará, que é a Hidrovia do Tapajós-Teles Pires (DNIT, 2021), com circulação de mercadorias no rio Tapajós, tendo no terminal portuário de Miritituba, em Itaituba, situado na margem direita do rio Tapajós, um dos seus pilares para escoamento da produção de grãos provenientes do estado do Mato Grosso através das rodovias BR 163 e BR 230. Constitui atualmente uma das maiores atividades econômicas, senão a maior, da região. Grandes empresas ligadas ao segmento já instaladas próximas

às margens do rio Tapajós incluem a Bunge, Cargill e Amaggi, que dispõem de silos de armazenamento de grãos e movimentam suas cargas através de suas ECT's (Estações de Transbordo de Cargas) com transferência das commodities agrícolas para barcaças, que são destinadas a terminais de uso privado localizados nos municípios de Barcarena (PA), Santarém (PA) e Santana (AP), que no seu retorno, transportam outras mercadorias, como agrotóxicos (INESC, 2021).

Investimentos privados previstos para o período de 2018 a 2030, segundo o plano plurianual 2020-2023 do governo do estado (PARÁ, 2019), indicam que a RI Tapajós poderia ser contemplada com cerca de R\$12,14 bilhões, que representa 9,6% do total para o estado, destacando-se projetos como a ferrovia Sinop (MT) - Miritituba (PA), com investimentos previstos de R\$10 bilhões, e de um terminal em Miritituba, R\$45 milhões.

Em 2016, entre as atividades econômicas da região (PARÁ, 2019), o setor de Serviços destacou-se com os segmentos de comércio e atividade imobiliária, seguido pela indústria madeireira e agropecuária, com os cultivos de mandioca, banana, soja, arroz, melancia, cacau e milho, além do extrativismo mineral (Cu e Au). A indústria da transformação mineral, então relevante, perdeu espaço com o fechamento da fábrica de cimento da empresa Nassau (Grupo João Santos) localizada em Itaituba, ocasionando, como antes citado, a paralisação da única mina de gipsita existente no estado, que tinha toda sua produção destinada a fábrica da Nassau.

11.4.2. Substitutos, Reciclagem e Sustentabilidade

A indústria da construção é muito preocupada com os custos e geralmente depende de soluções de baixa tecnologia. A tecnologia de gesso evolui de forma lenta e raramente entra no campo da alta tecnologia, excluídas aplicações médicas ou odontológicas especializadas, que são inerentemente de baixo volume. As tendências técnicas na tecnologia de gesso e placa de gesso nos últimos 10 anos focaram principalmente em maior resistência ao molde, redução de peso, melhor isolamento acústico, resistência ao impacto e substituição do papel por outros materiais, como fibra de vidro. Outra ênfase tem sido a sustentabilidade e a reciclagem. Os produtos de gesso são infinitamente recicláveis e mantêm suas propriedades naturais durante a aplicação repetida (WORLDCEMENT, 2016).

Há uma pressão crescente para reciclar produtos de construção após sua vida útil. Parte da pressão vem de influenciadores de uso final, como os arquitetos, que para aquele fim está centrada em mudanças de regulamentação sobre a quantidade de material que pode ser depositado em aterro. Como resultado, existe uma nova

indústria emergente em torno da reciclagem de gesso e, especificamente, de produtos de gesso cartonado. Alguns fabricantes de placas de gesso estão promovendo programas para reciclar produtos de placas de gesso que foram para os canteiros de obras, mas nunca foram instalados. A empresa Knauf é um desses fabricantes, que afirma ter 94% de conteúdo reciclado.

Nos EUA, padrões estão sendo desenvolvidos para ajudar a fornecer orientação sobre a prática de reciclagem. Essas diretrizes incluem a definição de quais materiais podem ser reciclados, como separar os resíduos nos canteiros de obras e a marcação adequada para esses materiais (SMITHERSAPEX, 2018). O Código Internacional de Conservação de Energia (IECC) e o Código Internacional de Construção Verde (IgCC) terão um impacto direto no futuro potencial das placas de gesso. Embora sejam códigos baseados nos Estados Unidos, existem códigos semelhantes sendo usados em outros países desenvolvidos, como os da UE. Uma mudança no código de construção geralmente é um catalisador para inovação e desenvolvimento de produto/sistema. Por exemplo, a resistência ao fogo necessária levou ao desenvolvimento da placa de gesso denominada Tipo X. Os códigos de energia fomentaram o desenvolvimento de produtos, pois agora é necessário que as paredes externas incorporem o que é chamado de barreira de ar. As regulamentações ambientais também estão tendo um grande efeito no mercado. A preocupação com as emissões de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas globais está forçando o mercado a buscar opções mais verdes (SMITHERSAPEX, 2018).

No Brasil, a quase totalidade das fábricas de cimento das regiões sul e sudeste utiliza como substituto da gipsita o fosfogesso, um subproduto do processo de obtenção do ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes fosfatados. Os principais produtores de fosfogesso no país são a Bunge Fertilizantes S.A., Copebrás Ltda., Fosfértil - Fertilizantes Fosfatados e Ultrafértil. No mercado agrícola do sul e sudeste também predomina o consumo do fosfogesso sendo o custo CIF (Custos Indiretos de Fabricação), o fator determinante na escolha da alternativa (BEZERRA, 2009). Nos Estados Unidos, aplicações como reboco e forros podem ser substituídos por gesso, assim como tijolo, painéis de vidro, metal ou plástico e madeira podem ser substituídos por painéis de gesso. A gipsita (gesso) não tem substituto prático na fabricação de cimento *Portland*. No entanto, o gesso sintético gerado por vários processos industriais, incluindo o gesso FGD (*flue gas desulphurisation*), é um importante substituto para o gesso de origem mineral na fabricação de painéis de parede, cimento, produção e aplicações agrícolas. Em 2018, o gesso sintético representou mais de 50% da oferta total de gesso doméstico americano (USGS, 2019).

12. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

12.1. INTRODUÇÃO

O objetivo dessa análise é retratar, a partir de levantamento preliminar, a situação socioambiental da região em que se localizam as áreas de pesquisas para a gipsita da 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. Essa identificação é essencial para a tomada de decisão sobre a exploração dos depósitos de gipsita pois são utilizados como critérios para a aprovação ou indeferimento dos empreendimentos mineiros por parte dos órgãos ambientais. Como se trata de uma avaliação de caráter informativo, a metodologia adotada para esse diagnóstico é distinta das metodologias estabelecidas para os estudos ambientais realizados por empreendimentos mineiros, que visam à obtenção de licenças ambientais.

Na composição do diagnóstico ambiental consideraram-se as áreas registradas na Agência Nacional de Mineração (ANM) 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 processos, bem como os limites da bacia hidrográfica do rio Cupari. Para a finalidade do trabalho foram consultadas informações constantes nos relatórios de pesquisa da CPRM, dados 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 a relativa às esferas federal, estadual e municipal.

12.1.1. Ecossistemas e Biodiversidade

O bioma Amazônia está presente em todas as áreas da CPRM arroladas pelo presente relatório, com os polígonos relativos aos processos 802193/1973, 802194/1973, 802195/1973, 802196/1973, 802197/1973 e 802623/1975 integralmente inseridos na área de uma unidade de conservação federal (UC), a Floresta Nacional do Tapajós (Figura 65), criada pelo Decreto nº. 73.684 de 19 de fevereiro de 1974 (BRASIL, 1974) e com área original de aproximadamente 600 mil hectares. Após a publicação da Lei nº. 12.678 de 25 de junho de 2012 (BRASIL, 2012b) essa UC teve sua área reduzida, passando a ter

527.319 hectares. É administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e integrada ao Sistema Nacional do Meio Ambiente.

A Floresta Nacional do Tapajós (Flona do Tapajós, localizada no oeste do estado do Pará, abrange parte dos municípios de Belterra, Aveiro, Placas e Rurópolis e está balizada por dois grandes marcos geográficos, que são o curso do rio Tapajós, a oeste, e a rodovia BR-163, a leste, tendo parte ainda de seus limites ocidentais e meridionais balizados pelo curso do rio Cupari (Figura 65). A UC durante o período de 2005 a 2017 teve sua gestão orientada pelo seu primeiro Plano de Manejo, que foi produzido para atender: (i) diretrizes legais do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), (ii) diretrizes institucionais do Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos de Manejo para Florestas Nacionais (ICMBio, 2009), e (iii) diretrizes técnicas e administrativas do Edital de Chamamento Público ICMBio no 01/2016.

De acordo com o art. 2º, inciso XVII da Lei no 9.985 de 18 de julho de 2000 que institui o SNUC (BRASIL, 2000), Plano de Manejo pode ser definido como “um documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais da Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade”.

Consta no plano de manejo da Flona do Tapajós, no volume – Planejamento (SENA *et al.*, 2019 a, b, c):

- “Item 5.9.36. - Temas diversos - O subsolo integra os limites da UC, sendo proibida a exploração direta de recursos minerais”.

Essas normas consistem em procedimentos gerais a serem adotados na Unidade de modo a servir como normativas às ações e restrições que se fizerem necessárias ao manejo da área.

De acordo com o art. 2º, inciso XVII da Lei no 9.985 de 18 de julho de 2000 que institui o SNUC (BRASIL, 2000), Plano de Manejo pode ser definido como “um documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais da Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade”.

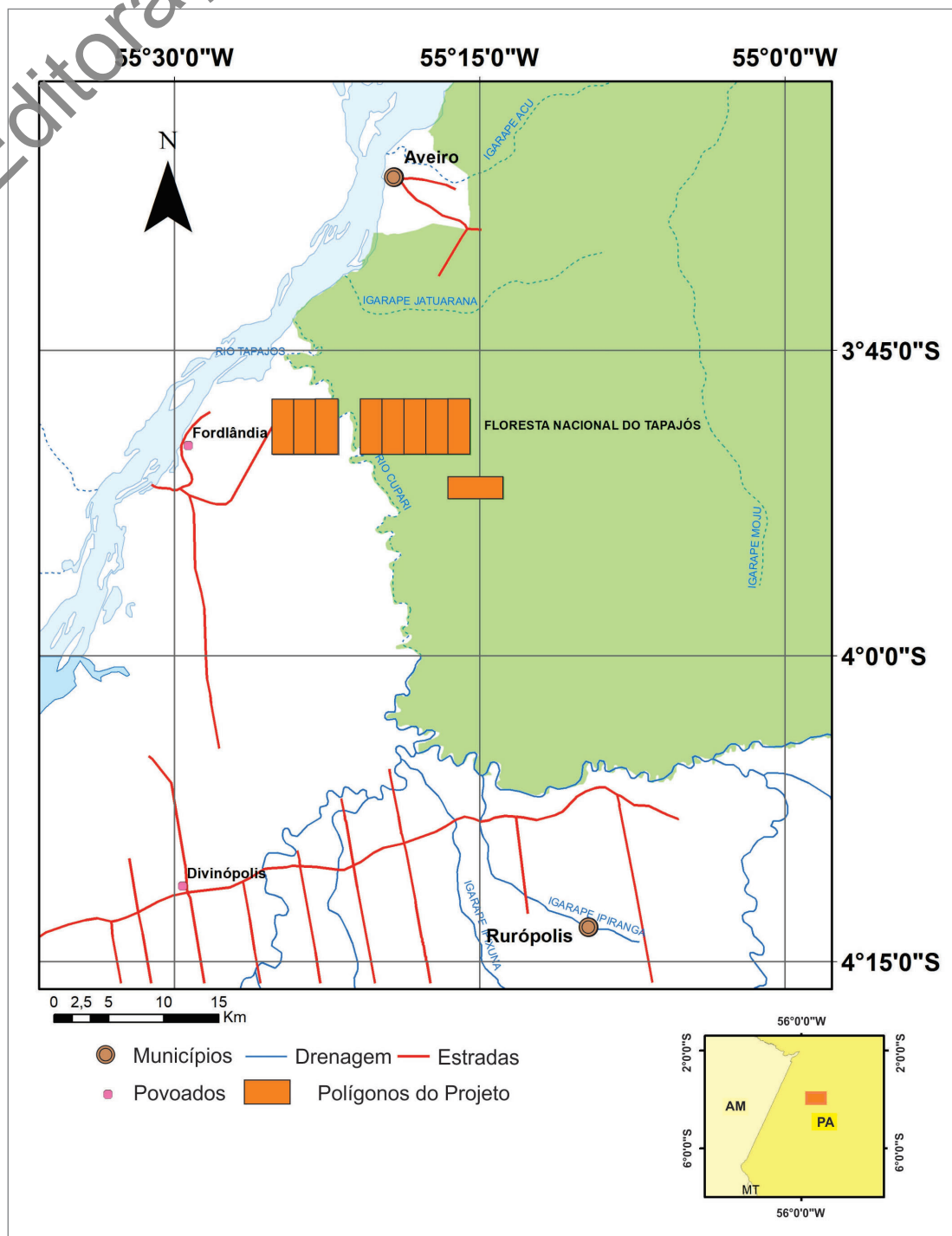


Figura 65 - Limites da área da floresta Nacional do Tapajós (FLONA) na região dos processos de pesquisa para Gipsita da CPRM (ICMBio, 2019).

Consta no plano de manejo da Flona do Tapajós, no volume – Planejamento (SENA *et al.*, 2019 a, b, c):

- “Item 5.9.36. - Temas diversos - *O subsolo integra os limites da UC, sendo proibida a exploração direta de recursos minerais*”.

Essas normas consistem em procedimentos gerais a serem adotados na Unidade de modo a servir como normativas às ações e restrições que se fizerem necessárias ao manejo da área.

12.1.2. Uso do Solo

O Sistema de Classificação de Uso Atual da Terra, Manual Técnico de Uso da Terra (SOKOLONSKI, 1999) leva em conta o tipo de uso da terra na data do mapeamento, o manejo empregado e a estrutura de produção (relações sociais de produção), procurando com isso caracterizar da melhor maneira possível as classes de uso definidas.

De acordo com a Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a), todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de reserva legal. Trata-se de área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Sua dimensão mínima em termos percentuais relativos à área do imóvel é dependente de sua localização, conforme abaixo:

- Imóveis que realizaram desmatamentos na Amazônia entre 1989 e 1996 obedecendo a percentual mínimo de 50% de Reserva Legal em vigor na época, estão desobrigados de recompor suas áreas ao percentual de 80% (EMBRAPA, 2012);
- No caso da Amazônia Legal, em áreas de florestas, o poder público estadual, ouvido o Conselho Estadual do Meio Ambiente, poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% para fins de regularização nos seguintes casos: (i) quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado e mais de 65% do seu território ser ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas; e (ii) quando o município tiver mais de 50% da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas.

O uso e ocupação do solo na região com os limites das áreas de pesquisa da CPRM pode ser observado na figura 66, conforme dados disponibilizados pelo IBGE (2017) para o estado do Pará.

12.2. 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) áreas de preservação permanente (APPs); (ii) unidades de Conservação cadastradas no sistema municipal ou federal, no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, Lei nº. 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) e suas áreas de amortecimento ou entorno e a zona do Bioma Amazônia, assim como todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal; (iii) áreas com potencial para sítios arqueológicos e paleontológicos; (iv) áreas de regularização fundiária (assentamentos); e (v) as áreas de regularização fundiária (assentamentos), onde estão identificadas regiões com presença de comunidades quilombolas e indígenas.

12.2.1. Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Legalmente, o conceito de APP está definido no atual Código Florestal - Lei nº. 12.651 (BRASIL, 2012a), no Art. 3º, inciso II:

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

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

Essa APP é regulamentada pelo Art. 4º da mesma lei e compreende tanto territórios localizados na zona rural como na zona urbana; ela norteia as situações a seguir:

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

- a) 30m para os cursos d'água de menos de 10m de largura;
- b) 50m, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50m de largura;
- c) 100m para os cursos d'água que tenham de 50 a 200m de largura;
- d) 200m para os cursos d'água que tenham de 200 a 600m de largura.
- e) 500m para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m.

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

- a) 100m em zonas rurais, exceto para corpo d'água com até 20ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m;
- b) 30m em zonas urbanas.

Inciso III – as áreas de entorno de reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

Inciso IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50m.

Inciso V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% na linha de maior declive.

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

Inciso VII – os manguezais em toda a sua extensão.

Inciso VIII – as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais.

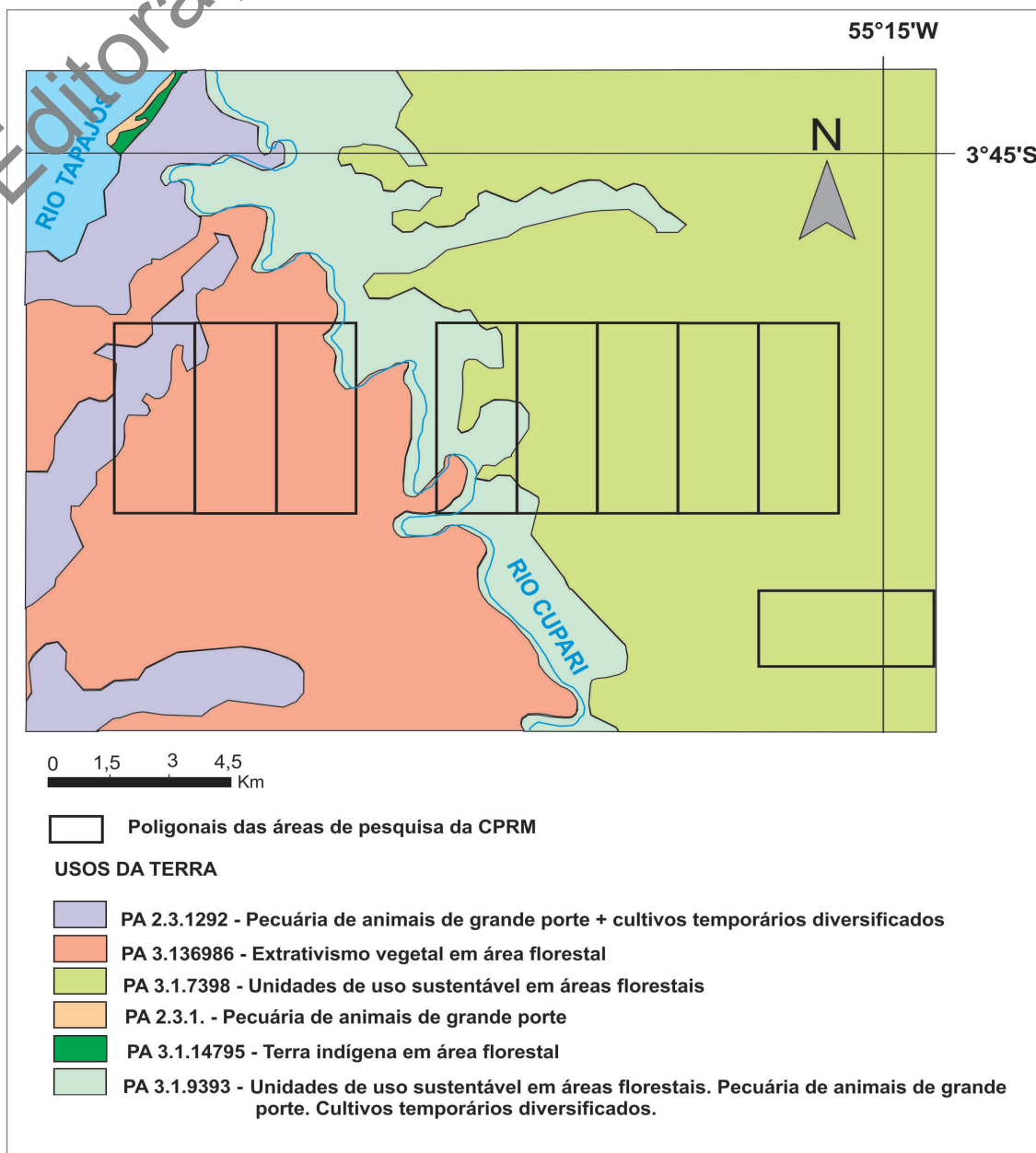


Figura 66 - Ocupação e uso dos solos na região dos processos de pesquisa da CPRM (IBGE, 2017).

Inciso IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100m e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Inciso X – as áreas em altitude superior a 1.800m, qualquer que seja a vegetação.

Inciso XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50m, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Quanto a identificação de APPs nas áreas de pesquisa da CPRM é importante frisar que não foi

executado nenhum inventário ou cadastramento neste sentido, que é uma atividade compatível com os estudos para o licenciamento ambiental. Desse modo, busca-se aqui apontar de forma preliminar e genérica a existência destas áreas, limitando-se às bases cartográficas consultadas.

Assim, no interior das áreas de pesquisa da CPRM foram identificadas (APPs) quais deverão ser delimitadas pelo órgão ambiental quando do licenciamento, nos termos do Art. 4º, inciso III da Lei nº. 12.651- Código Florestal (BRASIL, 2012a). Sobre os cursos d’água, é comum na região com as áreas da CPRM a presença de brejos e banhados associados a planícies de inundação ligados aos cursos d’água que formam a bacia hidrográfica do rio Cupari.

12.2.2. Unidades de Conservação (UCs)

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

As Unidades de Proteção Integral têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Esse grupo abrange cinco categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional (ou estadual, ou Municipal); Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre. Cabe salientar que o desenvolvimento da atividade de mineração no interior dessas unidades de conservação, por demandar o uso direto de recursos naturais, mostra-se incompatível com o grupo de Unidades de Proteção Integral.

As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, permitem compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Esse grupo inclui sete categorias: (i) Área de Proteção Ambiental; (ii) Área de Relevante Interesse Ecológico; (iii) Floresta Nacional (ou estadual, ou municipal); (iv) Reserva Extrativista; (v) Reserva de Fauna; (vi) Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e (vii) Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

A possibilidade de uma mineração compatibilizada dentro de unidades de Uso Sustentável poderá existir mediante avaliação do órgão gestor da UC e desde que não fira os objetivos descritos no seu decreto de criação.

As áreas de entorno de todas as unidades de conservação citadas também possuem regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental, que são as chamadas zonas de entorno e zonas de amortecimento. 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. Conforme Art. 25 da Lei Federal nº. 9.985 (BRASIL, 2000) não existe essa exigência para a Reserva Particular do Patrimônio Natural e Área de Proteção Ambiental.

12.2.3. Reserva da Biosfera

A Reserva da Biosfera é 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 que visam cumprir funções complementares:

- 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. Por isso, é proibido: (a) o corte e exploração da floresta primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração, localizada em área de Mata Atlântica; (b) 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; (c) a coleta, o comércio e o transporte de plantas ornamentais oriundas de florestas nativas; e (d) a prática de queimadas para manejo agrossilvopastoril;
- 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.

É importante complementar, que todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal.

12.2.4. Potencial para Sítios Arqueológicos e Paleontológicos

Os sítios arqueológicos e paleontológicos são considerados bens da União e são definidos e protegidos pela Lei nº. 3.924 de 26 de julho de 1961 BRASIL (1961) e Decreto-Lei nº. 4.146 04 de março de 1942 (BRASIL, 1942), respectivamente. O Instituto do Patrimônio Histórico e

Artístico Nacional – IPHAN é o órgão federal responsável pela gestão do patrimônio arqueológico do país, e à ANM cabe a gestão do patrimônio fossilífero do país.

Quanto a ocorrência de sítios arqueológicos nas áreas de Pesquisa da CPRM, conforme consulta ao Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico (SGPA) V5 2018, IPHAN (1997), não foi constatada a presença de sítios arqueológicos no âmbito das mesmas.

12.2.5. 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 (2021), onde originalmente existia um imóvel rural considerado improdutivo e que pertencia a um único proprietário. Os principais regramentos legais que regem o tema são a Lei nº. 4.504 de 30 de novembro de 1964 (BRASIL, 1964) sobre o Estatuto da Terra e a Lei nº. 8.629 de 25 de fevereiro de 1993 (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. Na figura 67 observa-se os limites de uma área de assentamento criada na região do rio Cupari, denominada PA Rio Cupari, que abrange todas as poligonais do bloco oeste.

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 à reforma agrária com a 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 prevalece 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, este autor lança mão dos seguintes regramentos:

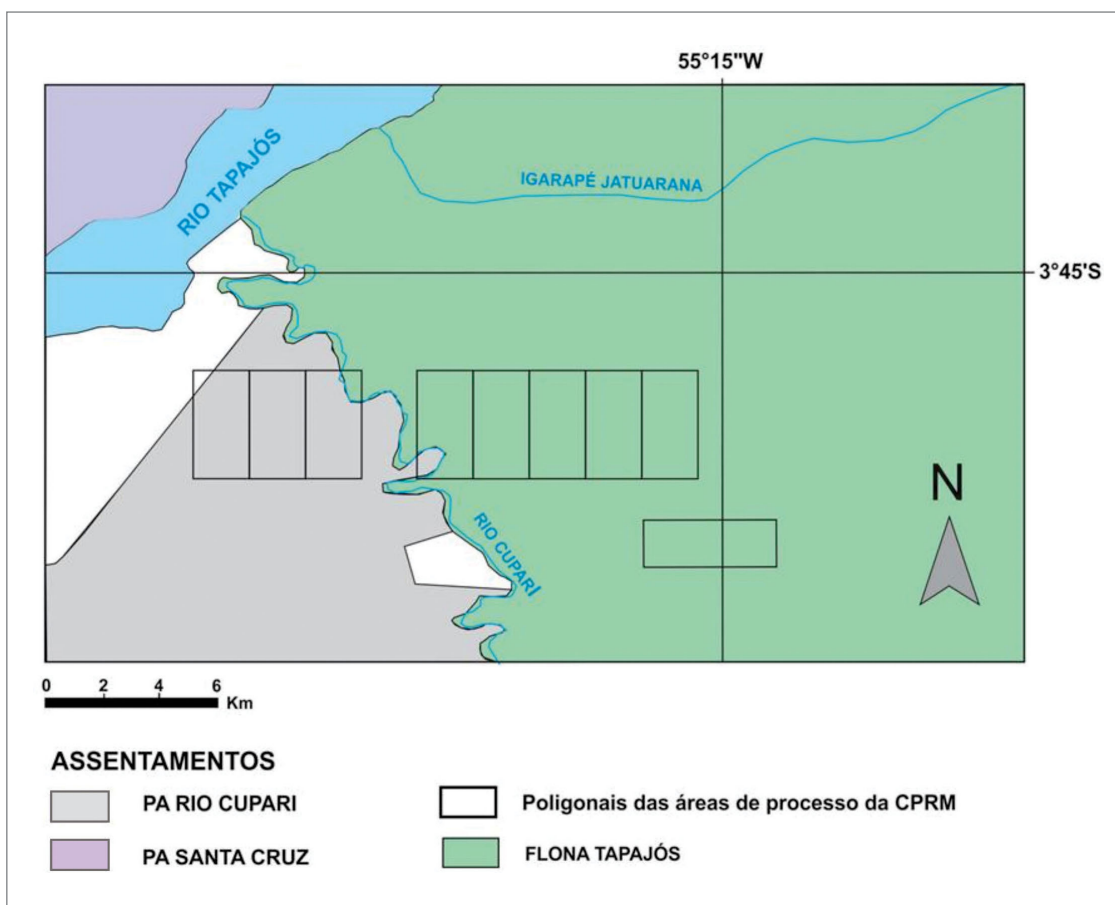


Figura 67 - Limites das áreas de assentamentos e da Floresta Nacional do Tapajós (Flona Tapajós) na região onde localizadas as áreas de pesquisa da CPRM (INCRA, 2021).

Lei nº. 8.629 (BRASIL, 1993) que regulamenta os dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária.

“Art. 10. Para efeito do que dispõe esta lei, consideram-se não aproveitáveis:

(...) III – as áreas sob efetiva exploração mineral.”

Lei nº. 4.504 (BRASIL, 1964) sobre o 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 se situa em área de assentamento, o órgão ambiental solicita que o empreendedor apresente documento de autorização do INCRA para o prosseguimento do licenciamento ambiental. É o caso das áreas de processo 802189/1973, 802190/1973 e 802191/1973 que estão inseridas no assentamento - PA Rio Cupari e exigirão de acompanhamento jurídico.

12.2.6. 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.

A partir de janeiro de 2019, foi editada a medida provisória nº. 870 de 1º de janeiro de 2019 (Brasil, 2019) do governo federal que estabelece:

Art. 21. Constitui área de competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento:

§ 2º A competência de que trata o inciso XIV, no que se refere à reforma agrária, regularização fundiária de áreas rurais, Amazônia Legal, terras indígenas e quilombolas, compreende:

Inciso I - a identificação, a delimitação, a demarcação e os registros das terras tradicionalmente ocupadas por indígenas; e

Inciso II - a identificação, o reconhecimento, a delimitação, a demarcação e a titulação das terras ocupadas pelos remanescentes das comunidades dos quilombos.

§ 3º Cabe ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento exercer, por meio do Serviço Florestal Brasileiro, a função de órgão gestor prevista no Art. 53 da Lei nº. 11.284 (BRASIL, 2006), em âmbito federal.

A Fundação Cultural Palmares é o órgão vinculado ao Ministério da Cidadania responsável por reconhecer e certificar as comunidades de remanescentes quilombolas. No Art. 23, constitui área de competência do Ministério da Cidadania, institui que:

XVII - assistência ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária nas ações de regularização fundiária, para garantir a preservação da identidade cultural dos remanescentes das comunidades dos quilombos.

No artigo Art. 43 da Medida Provisória nº. 870 (BRASIL, 2019) constitui área de competência do Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos:

i) direitos do índio, inclusive no acompanhamento das ações de saúde desenvolvidas em prol das comunidades indígenas, sem prejuízo das competências do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

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, através do Decreto nº. 5.051 de 19 de abril de 2004 (BRASIL, 2004).

Desse modo, para fins de licenciamento ambiental, sempre que constatado que o empreendimento se localiza 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 – BRASIL (1988) e legislação correlata.

Após consulta à base de dados da FUNAI e FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES, não foi constatada a presença de áreas indígenas e quilombolas nas áreas de pesquisa da CPRM avaliadas.

12.3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Na tabela 6 são apresentados os indicadores socioeconômicos baseados em dados do IBGE sobre o município de Aveiro, onde localizadas as áreas de processo da CPRM (AFFONSO et al., 2016).

12.4. IMPACTOS PROVÁVEIS

Apesar de a gipsita ser vista com bons olhos por se tratar de um agromineral, devem ser considerados os impactos socioambientais inerentes à sua extração e uso em várias áreas. De forma bastante sintética, os impactos prováveis decorrentes dessas atividades estão associados à:

- Alteração da paisagem e impacto visual;
- Remoção de vegetação e alteração de ecossistemas locais;

Tabela 6 - Dados socioeconômicos do município de Aveiro (ARFONSO *et al.*, 2016).

INDICADORES – MUNICÍPIO DE AVEIRO (ESTADO DO PARÁ)		
PIB Per Capta	Produto Interno Bruto Per Capta - R\$	7.212,72
POPULAÇÃO	Estimativa (2021)	16.404
*IDHM	Geral	0,541
ATIVIDADES ECONOMICAS		
Percentual PIB (%)		
PIB	Serviço	9,7
PIB	Indústria	3,5
PIB	Impostos	1,3
PIB	Agropecuária	32,10
PIB	Administração pública	53,40

*IDHM – Índice de desenvolvimento humano municipal.

- Erosão do solo e assoreamento de drenagens decorrentes da mobilização de terra, instabilidade de taludes, encostas e terrenos em geral;
- Aumento do tráfego de caminhões e veículos em geral;
- Aumento da emissão de material particulado no ar (beneficiamento, vias de acesso e vias internas);
- Poluição sonora;
- Risco de incêndio subterrâneo em áreas drenadas;
- Intervenção no lençol freático;
- Interferência em Áreas de Preservação Permanente.

Grande parte dos impactos ambientais negativos 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. Os programas e outros que se fizerem necessários para essa iniciativa devem ser discutidos e geridos junto com a comunidade, sendo considerados entre tantos como fundamentais para implantação da atividade mineral:

- Programa de gestão e controle ambiental;
- 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 redução de consumo de água, energia e combustíveis;
- Programa de sinalização de vias.

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.

Impactos positivos também são previstos com a implantação de um empreendimento mineral, em especial a geração de empregos e renda, o pagamento de *royalties* (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais-CEFEM) no que se refere aos municípios, o aumento na arrecadação de impostos e, conseqüentemente, o incremento da economia. Para esses impactos 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.

12.5. CONSIDERAÇÕES

Após a análise dos dados disponíveis, concluiu-se que existem impedimentos legais com relação a áreas de preservação permanente (APPs) no tocante aos recursos hídricos, além de outras restrições identificadas em alguns segmentos das poligonais das áreas de processo da CPRM. Os regramentos que embasam essa análise são ressaltados a seguir.

(i). Como pode ser compreendido na definição de áreas de preservação permanente (APPs) pelo atual Código Florestal, conforme inciso II do Art. 3º da Lei nº. 12.651 de 25 (BRASIL, 2012a), que tem sua redação no subitem 13.2.1, o inciso I do seu Art. 4º, relativo a delimitação das APPs tanto territórios localizados na zona rural como na zona urbana, compreende:

“As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima”.

(ii). No que se refere a assentamentos do Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) deverão ter acompanhamento na época do empreendimento, conforme Lei 8.629/93 BRASIL (1993) que regulamenta os dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária.

“Art. 10. Para efeito do que dispõe esta lei, consideram-se não aproveitáveis:

(...) III – as áreas sob efetiva exploração mineral.”, principalmente.

(iii). No polígono da FLONA do Tapajós, a área conflitante com polígonos da CPRM, deveram obedecer a legislação de Unidades de Conservação, conforme o Plano de Manejo da Flona do Tapajós, no volume – Planejamento, Item 5.9.36 - Temas diversos:

“- O subsolo integra os limites da UC, sendo proibida a exploração direta de recursos minerais”.

Assim como todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal.

No caso da Amazônia Legal (EMBRAPA, 2012), em áreas de florestas, o poder público estadual, ouvido o Conselho Estadual do Meio Ambiente, poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% para fins de regularização nos seguintes casos:

- *Quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado e mais de 65% do seu território ser ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas;*
- *Quando o município tiver mais de 50% da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas.*

13. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Os dados relativos às coordenadas geodésicas dos trabalhos exploratórios utilizados (sondagem rotativa, trado, afloramentos) são provenientes da década de 1970, e foram conferidos a partir de logs, tabelas e mapas, e, após, confrontados para validação relativa (georreferenciamento). Porém, considerando as limitações das tecnologias para cartografia disponíveis na época, existe a necessidade de sua validação em campo para comprovar a acurácia do posicionamento;
- Os depósitos de gipsita possuem capeamento relativamente pouco espesso, com o minério aflorante em alguns pontos. Portanto, a resolução da topografia utilizada não é a indicada para representação fiel da morfologia do terreno, sendo, desta forma, altamente recomendável um novo levantamento topográfico de detalhe em cada uma das áreas, espacializando todos os trabalhos exploratórios realizados no passado;
- Os dados físico-químicos utilizados na reavaliação dos depósitos precisam ser avaliados através de ferramentas de QAQC para validar sua qualidade;
- A quantidade total de minério contabilizada pelos trabalhos estimou um valor acima de 600 milhões de toneladas de gipsita, já excluídas suas impurezas. O minério compacto, com quase 100% de pureza, representa em torno de 80% dos recursos calculados, encerrando o Bloco Oeste pouco mais de 47% dos recursos totais;
- Os resultados da modelagem indicaram espessura média de 6.34m para gipsita compacta e 5.45m para fraturada no Bloco Oeste, enquanto no Bloco Leste, 4,39m para gipsita compacta e 4.15m para a fraturada. O capeamento possui uma espessura média de 2.14m no Bloco Oeste e 2.37m no Bloco Leste. A relação Estéril/Minério são de aproximadamente 0,16 no Bloco Oeste e 0,23 no Bloco Leste;
- O principal fator que impede a realização da análise variográfica e estimativa por krigagem (geoestatística) e a migração dos recursos para um nível de confiança mais elevado (indicado e medido) é a densidade de dados. As estimativas atuais dos recursos foram classificadas na categoria de inferidos, de acordo com normas e recomendações vigentes aceitas pela indústria mineral. Os fatores que levaram a essa classificação dos recursos, consideraram como positivos o alto nível de confiança na interpretação geológica e estratigráfica e a distribuição dos teores, sendo, por outro lado, aspectos negativos a malha de sondagem, poços e afloramentos, que apresentam densidade de espaçamento

insuficiente em relação ao tamanho da jazida, além do que a natureza histórica dos dados, onde requisitos mínimos não foram atendidos, conforme exigem os códigos e normas internacionais;

- Visto que o Bloco Leste está inserido na Floresta Nacional do Tapajós e o Bloco Oeste em uma área de projeto de assentamento (PA Rio Cupari), não há garantia que os recursos minerais possam ser convertidos em reserva lavrável, pelo menos até a presente data;
- O estágio de pesquisa é considerado relativamente inicial de exploração e desenvolvimento, o qual tem potencial enorme para o desenvolvimento econômico da região. Havendo sequência na avaliação dos depósitos, é recomendado a continuidade da pesquisa geológica com novas perfurações por sondagem rotativa, para reduzir o espaçamento dos pontos de observação e consequentemente as incertezas, aumentando a confiança na correlação das camadas mineralizadas entre os locais de amostragem;
- Amostragem global (*bulk sample*) visando atender a lavra experimental, caracterização tecnológica da mineralização, estudos hidrogeológicos e estudos geotécnicos e socioambientais;
- O alto rendimento da gipsita compacta (> 99%) obtido nos ensaios tecnológicos representa uma elevada pureza da substância e pode significar que pouco ou nenhum processo secundário de beneficiamento será necessário para garantir o conteúdo mínimo utilizado na indústria mineral;
- Em relação ao cenário econômico, há boas perspectivas de retomada do setor produtivo de gesso no médio e longo prazo no país concomitante ao aquecimento do setor de construção civil, industrial e de serviços (com a retomada da indústria), após recuperação dos efeitos econômicos causados pela pandemia (COVID-19), que também impacta o setor do gesso agrícola;
- Com base em diversas pesquisas publicadas que apontam a gipsita como uma opção complementar na nutrição e recuperação de solos (Portal da EMBRAPA), uma realidade em áreas do cerrado, é importante destacar dados projetados pelo IBGE em 2021 estimando o crescimento da produção agrícola para o estado acima de 3,3 milhões de toneladas (> 17% em relação a 2020) e da área plantada para 1,1 milhão de hectares (>14,6% em relação 2020), com a produção de grãos alcançando 2,1 milhões de toneladas (>17,6% acima de 2020). Certamente, frente a um cenário como esse, um

potencial aumento do mercado para o gesso agrícola pode ser vislumbrado, por ser o mineral uma fonte de enxofre solúvel mais barata, que ainda inclui o Ca, e os solos brasileiros, de modo geral, serem carentes desse nutriente;

- Em relação à logística, a área com os depósitos de certa forma é privilegiada pela relativa proximidade com a cidade de Itaituba, que possui uma boa infraestrutura de suporte para um eventual desenvolvimento de um empreendimento mineiro. A cidade dispõe de

um complexo portuário (Porto de Miritituba), que integrado à Hidrovia do Tapajós-Teles Pires, constitui uma opção natural para o escoamento de minério;

- Acrescenta-se ainda que o porto de Miritituba integra uma importante rota de escoamento de grãos proveniente do Mato Grosso através das rodovias federais BR-163 e BR-230 (Transamazônica), com enorme tráfego de caminhões, constituindo o estado um potencial mercado para gesso agrícola, se valendo dessa modal no retorno a sua origem para transporte do minério.

REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Mercado brasileiro de gesso agrícola está em forte expansão.** 2018. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-brasileiro-de-gesso-agricola-em-forte-expansao_408522.html. Acesso em: jan. 2020.

AFFONSO, A. G.; ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.; SOUZA, A. R.; SIQUEIRA, J. M.; TORRES, N. C.; CAMILOTTI, V. L.; DAL'ASTA, A. P.; COSTA, L. C. O.; SOARES, F. da R. **As comunidades ribeirinhas do Baixo Tapajós (PA):** infraestrutura, mobilidade, serviço sócio ambientais e conectividade. São José dos Campos, SP: INPE, 2016. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3M7C69L>. Acesso em: 14 abr. 2021.

ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia/DNPM**, Rio de Janeiro: DNPM, 1967. nº 241, p. 36.

BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F. de F.; LUZ, A.B. da. **Gipsita.** In: Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações. Ed. Adão Benvindo da Luz e Fernando A. Freitas Lins. 1.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. cap., 21. p. 449-470.

BARBOSA, R.C.M. Fácies Sedimentares da Formação Prosperança, Neoproterozoico do sul do escudo das Guianas, Estado do Amazonas. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Pará: Belém, 2010. 54 f.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de mercado/ Focus- Perspectivas de Mercado. 15 de março de 2019.** Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/content/focus/focus/R20190315.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de mercado/ Focus- Perspectivas de Mercado. 20 de novembro de 2020.** Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/content/focus/focus/R20201120.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

BEZERRA, M.S. Produto 24 – Relatório Técnico 34 - **Perfil da Gipsita.** Brasília: MME/SGM; Banco Mundial; J Mendo Consultoria, set. 2009. 30p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36108/448620/P24_RT34_Perfil_da_Gipsita.pdf/f4f7789d-c26f-e52b-8f06-a75feb0cefe9?version=1.0>. Acesso em: 10 set.2020.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Estadual – Pernambuco. Anos bases 2010 a 2018.** Brasília: DNPM. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual/pernambuco>. Acesso em: 19 nov. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Estadual – Pará. Anos bases 2013 a 2017.** Brasília: DNPM. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/>

[anuario-mineral/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual/para](#). Acesso em: 11 jan. 2021a.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Sumário Mineral Brasileiro (2006 – 2018).** Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral>>. Acesso em: 21 jan. 2021b.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Dados Abertos.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em 20 ago. 2021c.

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 Acesso em: 31 jan. 2019.

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 . Acesso em: 31 jan. 2019.

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. Acesso em: 31 jan. 2019.

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. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 73.684 de 19 de fevereiro de 1974.** Cria a Floresta Nacional do Tapajós, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1974. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=73684&ano=1974&ato=5c3oXQE1EMnRVT95b>. Acesso em: 30 mar. 2020.

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, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8629.htm . Acesso em: 31 jan. 2019.

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, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

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. Acesso em: 31 jan. 2019.

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: Presidência da República, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.284 de 2 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

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: Presidência da República, 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.678 de 25 de junho de 2012**. Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Matinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2012b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12678.htm. Acesso em: 30 mar. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória nº 870 de 1º de janeiro de 2019**. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. Brasília: Presidência da República, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Mpv/mpv870.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL, E.C.; LIMA, E. do V.; CRAVO, M. da S. Uso de Gesso na Agricultura. *In*: Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 11. p. 133-145.

BRITO NEVES, B.B.; SÁ, J.M.; NILSON, A.A.; BOTELHO, N.F. A Tafrogênese Estateriana nos Blocos Paleoproterozóicos da América do Sul e Processos Subsequentes. UFMG, **Revista Geonomos**, v. 3, n. 2, p. 1-21. Belo Horizonte, 1995.

CAPUTO M.V. Origem do Alinhamento Estrutural do Juruá – Bacia do Solimões. *In*: SBG, 2º Simpósio de Geologia da Amazônia. **Anais**, Belém, Pará, 1985a. v 1, p. 242-258.

CAPUTO M.V. **Gênese do alinhamento estrutural do Juruá – Bacia do Solimões, Brasil**. *In*: Simpósio Bolivariano sobre Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Asoc. Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, Bogotá-Colombia, 1985b, 16 p.

CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Amazonas: histórico e atualização. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972, **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 3: 35-46.

CAPUTO, M.V., RODRIGUES, R., VASCONCELOS, D.N.N. **Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas**. RENOR - Petrobras, 1971. 92 p (Relatório interno).

CAPUTO, M.V.; ANDRADE, F.G. **Geologia em Semidetalhe do Flanco Sul da Bacia Amazônica entre os rios Cupari e Abacaxis**. Petrobras - Setor de Exploração. Relatório interno, 1968. 141p.

CAPUTO, M.V.; SOARES, E.A.A. *Eustatic and tectonic change effects in the reversion of the transcontinental Amazon River drainage system*. 2016. **Braz. Journ. Geol.**, 46 (2): 301-328.

CAPUTO, V.M. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and palaeogeography of northern basins of Brazil*. 1984. 586 p. **Thesis** (Phd). University California, Santa Barbara, 1984.

CAPUTO, V.M. **Bacia do Amazonas**. *In*: Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000). Vol. II n-Geologia da Província Hidrogeológica Amazonas. Brasília: ANA, 2015. p.30-63.

CAROZZI, A.V. *et al.* **Análise Ambiental e Evolução Tectônica Sinsedimentar da Seção Siluro-eocarbonífera da Bacia do Maranhão**. Rio de Janeiro: Petrobras-Cenpes, 1975. 748 p. (Ciência-Técnica-Petróleo).

COHEN, K.M. *et al.* The International Chronostratigraphic Chart. **Episodes**, 36. 2020. p. 199-204.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Itamaguari: Gipsita: Plano de Prospeção Preliminar e Estudo da Economia Mineral**. Belém: CPRM, 1973. 1v.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Itamaguari: Pesquisa de Gipsita - Rio Cupari**, município de Aveiro, estado do Pará. Processos DNPM 802.188/73 a 802.197/73. Belém: CPRM, 1975.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Itamaguari II: Estudo de Viabilidade de Pesquisa.** Belém: CPRM, 1971. 1v.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Itamaguari II: Relatório Final de Pesquisa.** Alvarás n.1418/77 e 1558/77. Belém: CPRM, 1979 1 v.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Gipsita no Sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe**, estados de Pernambuco e Piauí. Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais nº 25. Recife: CPRM, 2019. 1v. 61p.

CUNHA, P.R.C. *et al.* Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 1994. v. 8, n.1, p. 47-55.

CUNHA, P.R.C.; MELO, J.H.G.; SILVA, O.B. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 2007. v. 15, n.2, p. 227-251.

DAEMON, R.F. Palinomorfos-guias do Devoniano Superior e Carbonífero Inferior das Bacias do Amazonas e Parnaíba. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 46, n. 3-4, p. 549-587, 1975.

D'ALGE, J.C.L. **Atualização cartográfica por imagem de satélite:** considerações teóricas e possibilidades de implementação. São José dos Campos: INPE, 1997. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~julio/ar-quivos/consult1.pdf>. Acesso em 14 mai. 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Hidrovia do Tapajós-Teles Pires. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/hidrovia-do-tapajos-teles-pires>. Acesso em: 18 out. 2021.

ELETROBRAS. Áreas de atuação. **Mapas do Sistema Elétrico Brasileiro.** Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Sistema-Eletrico-Brasileiro.aspx>. Acesso em: 20 de set. 2021

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Código florestal: adequação ambiental da paisagem rural.** Brasília: EMBRAPA, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FERREIRA, F.C. Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no Polo Gesso do Araripe / Fernanda Cavalcanti Ferreira. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2017. 204p. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/26315/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Fernanda%20Cavalcanti%20Ferreira.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

QUEIROZ FILHO, A.; AMORIM NETO, A.; DANTAS, J.C. **Agência Nacional de Mineração-Sumário Mineral Brasileiro 2018.** Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018> >. Acesso em: 11 nov.2020.

FMI - FUTURE MARKET INSIGHTS. **Gypsum Market 2020 - Analysis and Review: Gypsum Market by Product – Natural and Synthetic for 2020 – 2030.** Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/gypsum-market> >. Acesso em: 13 nov. 2020.

GLOBENEWSWIRE. Grand View Research, Inc. Grand View Survey Report 2016: **Gypsum Board Market Size.** 6 fev. 2016. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2016/02/09/808867/0/en/Gypsum-Board-Market-Size-To-Reach-54-12-Billion-By-2022-Grand-View-Research-Inc.html> >. Acesso em: 09/11/2020.

GONZAGA, F. G., GONÇALVES, F. T. T.; COUTINHO, L. F. C., 2000. **Petroleum geology of the Amazonas Basin, Brazil: Modeling of hydrocarbon generation and migration.** In: Mello, M. R.; Katz, B. J. (Eds.). Petroleum systems of South Atlantic margins. AAPG Memoir, 73, p. 159-178.

GROHMANN, C. E. Análise comparativa preliminar entre dados SRTM, Topodata, ASTER GDEM e Modelos de Superfície/ Terreno do Projeto Radiografia da Amazônia. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015. p. 5725-5732.

HENRIQUES Jr, M.F. **Potencial de financiamento de eficiência energética: nos setores de cerâmica e gesso no Nordeste.** Instituto Nacional de tecnologia – INT / MCTI, 2013. Disponível em: https://issuu.com/idb_publications/docs/monographs_pt_82472. Acesso em: 18 nov. 2020.

HOFFMAN, P.F. Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? **Science**, vol. 252, p.1409–1412. 1991.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Acervo fundiário.** Brasília: INCRA [s.d.]. Disponível em: <https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: 9 abr. 2021.

INESC – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Logística no Médio Tapajós: o caso de Itaituba-Miritituba.** Disponível em: <https://www.inesc.org.br/logistica-no-medio-tapajos-o-caso-de-itaituba-miritituba/>. Acesso em: 18 out. 2021.

IPHAN - INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico** (SGPA). Brasília: IPHAN, 1997. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa>. Acesso em: jan.2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2010.** Brasília: IBGE, 2011. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso: jan. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geomorfologia.** Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais Banco de Dados Georreferenciados. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em:

<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/download/arquivos/index9.shtm>. Acesso em: 3 de mai. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cobertura e uso da terra no Brasil na escala 1:250.000.** Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15833-uso-da-terra.html?=&t=downloads>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ICMBio - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Mapa Temático e Dados Estatísticos das Unidades de Conservação Federais.** ICMBio, 2019. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51->

menu-serviços/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geostatísticos-das-uc-s. Acesso em: 21 abr. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMETRO. **Balanco Hídrico Sequencial**. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>. Acesso em: 30 nov. 2020.

IMARCGROUP. **Grupo Imarc Research: Gypsum Board Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2020-2025**. Disponível em: <https://www.imarcgroup.com/global-gypsum-board-market>. Acesso em: 24 nov. 2020.

ISSLER, R.S. *et al.* **Geologia**. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SA. 22 - Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. p. 1/3–1/60. (Levantamentos de recursos naturais, 5).

JOÃO, XAFI DA SILVA JORGE. **Geodiversidade do estado do Pará**. Xafi da Silva Jorge João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca (orgs.). Belém: CPRM, 2013. 256 p.: il. 1 DVD-ROM.

MATSUDA, N.S.; DINO, R.; WANDERLEY FILHO, J.R. Revisão litoestratigráfica do Grupo Tapajós, Carbonífero Médio-Permiano da Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 12, n. 2, p. 435-441. Rio de Janeiro, 2004.

MELO, J.H.G.; LOBOZIAK, S. Devonian – Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. **Rev. Palaeobot. Palynol.** 124, p. 131-202. Amsterdam, 2003

MILANI, E.J. ; ZALÁN , P.V. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. 1999. **Episodes**, v. 22, n. 3, p. 199-205.

MIZUSAKI, A.M.P.; THOMAZ-FILHO, A. **O magmatismo pós-paleozóico no Brasil**. In: Mantesso-Neto, V. et al. (org.). Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, cap. XVII, p. 281-292. Petrobras/SBG, 2004.

MONTAVÃO, R.M.; BEZERRA, P.E.L. **Evolução tectônica do Cráton Amazônico (Amazônia Legal) durante o Arqueano e Proterozoico**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 2, Belém: SBG, 1985. p. 282-294.

MORDORINTELLIGENCE. **Gypsum Board Market - Growth, Trends, and Forecast (2020 - 2025)**. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/gypsum-board-market>. Acesso em: 13 nov. 2020.

NOGUEIRA, A.C.R.; SOARES, E.A.A. **Fácies sedimentares da Formação Prosperança, Proterozoico Superior da Bacia do Amazonas, ao norte da cidade de Manaus - AM**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5. Resumos expandidos. Belém: SBG, Núcleo Norte, 1996. p. 214-216.

OEC - OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY. **GYPSUM TRADE - 2018**. Disponível em: <https://oec.world/en/profile/hs92/gypsum>. Acesso em: 20 jul. 2020.

OLIVEIRA, A.S. *et al.* **Geologia**. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha

NA.21 Tumucumaque e parte da folha NB.21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. p. 19-97, il. (Levantamentos de recursos naturais, 9).

PARÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO. **Plano Plurianual 2020-2023 do Governo do Estado do Pará**. 3v. Belém: Diretoria de Planejamento, 2019.

PARÁ - SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E DA PESCA. **Soja é o principal produto agro exportado pelo Pará**. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/artigos/soja-%C3%A9-o-principal-produto-agro-exportado-pelo-par%C3%A1>. Acesso em: jan. 2020

PASTANA, J.M.N. **Síntese geológica e favorabilidade para tipos de jazimentos minerais do Município de Monte Alegre-PA**. Belém: CPRM, 1999. 34 p. il.

PETTIJOHN, F. J. **Sedimentary rocks**. 2ed. New York, Harper & Row, 1957. 718p., Il.

PLAYFORD, G.; DINO, R. **Palynostratigraphy of Upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part one**. Palaeontographica Abteilung B 255 (1-3), 2000a. p. 1-46.

PLAYFORD, G.; DINO, R. **Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part Two**. Palaeontographica Abteilung B 255 (4-6), 2000b. p. 87-145.

PRNEWswire. **Pesquisa e Mercados. Análise global do mercado de calcário 2020-2027**. Disponível em: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-analysis-of-the-limestone-market-2020-2027-featuring-key-players-buechel-stone-corp-crh-plc-lafargeholcim-ltd-todaka-mining-co-ltd-and-ube-material-industries-ltd-301074347.html> >. Acesso em: 14 jul. 2020.

QUADROS, L.P.; MELO, J.H.G.; GRAHN, Y. **Carta bioestratigráfica da Bacia do Amazonas**. In: BEURLEIN, G.; QUADROS, L.P. (Ed.) Bioestratigrafia das Bacias Paleozóicas Brasileiras. Texto explicativo das cartas bioestratigráficas. Rio de Janeiro: Petrobras, 1990. Relatório Interno.

RANGEL, M. de A. B. **Atividade minerária e projetos de reforma agrária**. Salvador, 2010. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000617.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2019.

REDEPARÁ. **Pará tem produção agrícola estimada em 3,3 milhões de toneladas para 2021** Disponível em: <https://redepara.com.br/Noticia/219417>. Acesso em: 20 de set. 2021.

ROGERS, J.; SANTOSH, M. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic supercontinent. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 5–22. 2002.

SANTOS, R.B.; BARROS, S.D.S.; LAGES, G. de A. **Projeto Gipsita no Sudoeste da Bacia do Araripe – Estados de Pernambuco e Piauí**. Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 25. 61 p. Recife: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2019.

SGM - SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos**. 2019. MME/SGM. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos>. Acesso em 09 ago. 2020.

SENA, A. E. de C.; SILVA, J. R.A. da; RODRIGUES, D. dos S.; SILVA, M. J. S. da; SPÍNOLA, P. S.; SOUSA, A. M. de. **Plano de manejo Floresta Nacional do Tapajós: diagnóstico**. Brasília: ICMBio, 2019. v.1. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/flona-do-tapajos?highlight=WyJ0YXBhalx1MDBmM3MiXQ==>. Acesso em: 08 abr. 2021.

SENA, A. E. de C.; SILVA, J. R.A. da; RODRIGUES, D. dos S.; SILVA, M. J. S. da; SPÍNOLA, P. S.; SOUSA, A. M. de. **Plano de manejo Floresta Nacional do Tapajós: planejamento**. Brasília: ICMBio, 2019. v.2. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/flona-do-tapajos?highlight=WyJ0YXBhalx1MDBmM3MiXQ==>. Acesso em: 08 abr. 2021.

SENA, A. E. de C.; SILVA, J. R.A. da; RODRIGUES, D. dos S.; SILVA, M. J. S. da; SPÍNOLA, P. S.; SOUSA, A. M. de. **Plano de manejo Floresta Nacional do Tapajós: anexos**. Brasília: ICMBio, 2019. v.3. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/flona-do-tapajos?highlight=WyJ0YXBhalx1MDBmM3MiXQ==>. Acesso em: 08 abr. 2021.

SILOI, HARALD. **O Rio Cupari**. Topografia e Hidrografia. Instituto Agrônomo do Norte. Boletim Técnico, nº 17. Belém, 1949.

SOKOLONSKI, H. H. (Coord.). **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999 (Manuais Técnicos em Geociências, 7).

SINDUSGESSO. **Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco – SINDUSGESSO-PE: Empresas associadas**. 2020. Disponível em: <https://www.sindusgesso.org.br/buscar-por-empresas-associadas-a-sindusgesso/>. Acesso em: 19 nov. 2020.

SMITHERSAPEX APEX. **The Future of Gypsum: Market Forecasts to 2028**. 2018. Disponível em: <https://www.smithers.com/resources/2018/may/key-gypsum-market-trends-to-look-out-for>. Acesso em: 19 out. 2020.

SOARES, E.A.A.; TRUCKENBRODT, W.; NOGUEIRA, A.C.R. **Contribuição ao paleoambiente e à paleogeografia da Formação Nhamundá (Siluriano Inferior) na Bacia do Amazonas, região de Presidente Figueiredo-AM**. In: VI Simpósio de Geologia da Amazônia. Manaus, 1999. Boletim de resumos expandidos.

SUZANO, M. ALMEIDA, M.A.R. DE; TEIXEIRA, W. 1978. Significação Tectônica do Magmatismo Anorogênico Básico

e Alcalino na Região Amazônica. **Dissertação** (mestrado). IGUSP. São Paulo, 1978; DUNHAM, A.; OLIVEIRA, J.C.M. de. **Estratégia Competitiva na Indústria de Drywall com Base nos Custos de Produção**. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282328202>. Acesso em 26 out. 2020.

THOMAZ FILHO, A., CORDANI, U.G., MARINO, O. Idades K/Ar de rochas basálticas da Bacia Amazônica e sua significação tectônica regional. In: CONGR. BRAS.GEOL., 28, Porto Alegre, **Anais...**Porto Alegre: SBG, 1974. v. 6, p. 273-278.

UHLEIN *et al.* Paleo-Mesoproterozoico dos Crátons Amazônico e São Francisco, BRASIL. UFMG, **Revista Geonomos**, v. 23, n.2, p. 1-13. Belo Horizonte, 2015.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GYPSUM - 2019**. Disponível em: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/mcs-2019-gypsu.pdf> >. Acesso em: 2 out. 2020.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GYPSUM - 2018**. Disponível em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/gypsum/mcs-2018-gypsu.pdf> >. Acesso em: 2 out. 2020.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GYPSUM - 2015**. fev. 2019. Disponível em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/gypsum/mcs-2015-gypsu.pdf> >. Acesso em: 20 out. 2020.

WANDERLEY FILHO, J.R. Evolução estrutural da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento. 125 f. **Dissertação** (Mestrado em Geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1991.

WANDERLEY FILHO, Joaquim Ribeiro *et al.* The diabase in the Amazonian paleozoic basins-hero or villain? **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 14, 2005.

WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, V.A.S. **Graben invertido de Purus**. In: Tapias, J.G. (editor/Coordenador Técnico). XIV Congresso Latinoamericano de Geologia – XIII Congresso Colombiano de Geologia. Medellín-Colômbia. Memórias Resúmenes. 2011. p. 268-269.

WIKIPÉDIA. **Aeroporto de Itaituba**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Itaituba. Acesso em: 30 set. 2021.

WORLDCEMENT. **Global Gypsum Market set for 9.9% growth**. Publicado em fev. 2016. Disponível em: <https://www.worldcement.com/africa-middle-east/12022016/global-gypsum-market-set-for-growth-496/> >. Acesso em: 19 nov. 2020.