



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA

## TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Loiane Picanço Alves

MAPEAMENTO DAS FRENTES DE LAVRA DA MINA  
DE BAUXITA DE JURUTI - PÁ

Marabá

2015

Loiane Picanço Alves

MAPEAMENTOS DAS FRENTES DE LAVRA DA MINA  
DE BAUXITA DE JURUTI – PÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará–UNIFESSPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Ana Valéria dos Reis Pinheiro.

**Marabá**

**2015**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA**

---

Alves, Loiane Picanço

Mapeamentos das frentes de lavra da mina de bauxita de Juruti – PA /  
Loiane Picanço Alves ; orientadora, Ana Valéria dos Reis Pinheiro. —  
2015.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul  
e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e  
Engenharias, Faculdade de Geologia, Marabá, 2015.

1. Mapeamento geológico – Juruti (PA). 2. Bauxita. 3. Minas e recursos  
minerais. 4. Beneficiamento de minério. I. Pinheiro, Ana Valéria dos Reis,  
orient. II. Título.

CDD: 19. ed.: 526.098115

---

Loiane Picanço Alves

MAPEAMENTOS DAS FRENTES DE LAVRA DA MINA  
DE BAUXITA DE JURUTI – PÁ

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Geologia da  
Universidade Federal do Sul e Sudeste  
do Pará – UNIFESSPA, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Geologia.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Profª. Ana Valéria dos Reis Pinheiro – Orientadora  
Doutora em Geologia  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

---

Profº. Aderson David Pires de Lima  
Mestre em Geologia  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

---

Profº. Antônio Emídio de Araújo Santos Jr.  
Doutor Em Geologia  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Por todo amor e incentivo,  
aos meus pais Lourdes e Francisco,  
e família..

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos e oportunidade que tem concedido a mim, por iluminar meu caminho e nunca me abandonar.

Aos meus pais, Lourdinha e Francisco Arildo, exemplo de amor e cumplicidade que sempre apoiaram a mim e meus irmãos a seguirem sempre o caminho da busca de educação e conhecimento e por fazerem de tudo para que eu pudesse seguir na graduação, sendo alicerce da minha vida e responsáveis pelo meu caráter.

Aos meus irmãos Amanda e Junior, que mesmo não estando sempre presentes, me apoiaram e compreenderam por todas às vezes que não pudemos desfrutar da companhia do outro para que eu pudesse seguir nessa caminhada.

A minha orientadora, Ana Valéria dos Reis Pinheiro, pela atenção durante a confecção deste trabalho e aos demais professores da faculdade de Geologia por todo conhecimento repassado.

Aos meus amigos da faculdade de Geologia de Marabá, Fernando, Alan, Renato, Caio, Yuri, Agda, Joane, Thalysson, Anderlone e tantos outros que dividiram animados momentos e aprendizados ao longo do curso. Agradeço em especial às amigas/irmãs e grupo de estudos Ane, Denise, Kesia, Hienne e Sybelly que dividiram comigo tantos momentos bons e noites insones de estudos, agradeço pela paciência, apoio, cumplicidade e amizade mesmos nos momentos mais árduos.

Ao amigo Michael pela amizade, carinho e por momentos divertidos vividos na saudosa boate azul.

A equipe de Pesquisa e Prospecção da ALCOA, que me apoiou e incentivou a realizar este trabalho, em especial aos geólogos Paulo Sérgio Costa e Saulo Nunes, pela paciência, conselhos e por tornarem meu estagio mais prazeroso com suas companhias, e não menos importante, a Jonas, que em suas discussões geológicas sempre foi muito disposto a ensinar.

A equipe de Geologia de Mina da ALCOA, que também me passou todo o suporte de conhecimento e dados para realizar o trabalho, em especial ao geólogo André Cruz e ao estagiário Paulo Vitor que nunca me negaram ajuda.

A Takehiro Moraes, que me apoiou e ajudou imensamente de todas as formas possíveis durante a graduação e por ser o responsável pelas lembranças mais doces que tenho.

A Kauê Bastos e família que me acolheu com muito carinho em Juruti e me incentivou nesta reta final.

*Complicações surgiram, persistiram e foram superadas.*

**-Capitão Jack Sparrow**

## RESUMO

O depósito de bauxita da região de Juruti é do tipo *blanket*, ou seja, se estende por grandes áreas e possui variações laterais nos teores de Ferro, Sílica e Alumínio, porém, sua espessura não ultrapassa os 10 metros. Encontram-se estratigraficamente na Bacia Sedimentar do Amazonas, sob a Formação Alter do Chão, nos platôs Capiroanga, Mauarí, Central e Guaraná e possuem idade Plio-Pleistocena. O perfil laterítico típico do depósito é dividido em três zonas: argila de Belterra, zona de laterita e zona saprolítica. A zona do perfil que possui valor econômico é a zona de laterita, que por sua vez, pode ser subdividida em três subzonas: bauxita nodular, laterita e bauxita maciça. Na mina ALCOA Juruti a subzona de bauxita, é explorada pelo método de lavra em tiras, ou *Strip Mining*. O acompanhamento da lavra é realizado a partir de amostras de canaletas em intervalos de 25m que formam os blocos de lavra. O mapeamento das frentes de lavra é realizado através de fotografias para a delimitação das diversas tipologias encontradas, o que implica diretamente em suas características químicas e físicas.

A partir das informações de análises químicas e das fotografias dos blocos de lavra, foi possível a confecção das seções de mapeamento evidenciando os diversos tipos de bauxita, atrelado a isso a análise da qualidade das frentes de lavra de acordo com os parâmetros que a empresa almeja. Sendo que, a partir da união das informações foi possível concluir qual frente de lavra tem melhor qualidade tanto para empresa quanto para o mercado.

Palavras chaves: *strip mining*, qualidade de minério, blocos de lavra.



## ABSTRACT

The bauxite deposit of Juruti region is “blanket” type, in other words, it extends for a large area and has lateral variations in Iron, Sílica and Aluminium contents, however, the thickness rarely exceeds 10 meters. They localized estratigraphically in Amazonas Basin on Alter do Chão Formation, under Capiranga, Mauari, Central and Guaraná plateaus and has Plio-Pleistocenic age. The typical lateritic profile of the deposits is divided into three zones: Belterra clay, lateritic zone and saprolitic zone. The most important section is lateritic zone, since it presents economic value. Therefore, it can be sectioned into three subzones: nodular bauxite, laterite and massive bauxite. The zone lateritic that has a several bauxite typology is explored by means of stripping mining method. The mining monitoring is executed by canalets samples in intervals of 25 meters that building mining blocks. The mining face mapping is made through pictures in order to delimitate the several found typologies, which directly affects their chemical and physical characteristics.

The results, specially the mapping, which focusing several bauxite type was uniquely possible by chemical analysis information and the mining block pictures, along with the quality analysis of mining face according to desired company parameters. In conclusion, the collected information was required to define the best mining face in terms of quality not only to the company but also to the market.

Keywords: strip mining, ore quality, mining block.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização .....	14
Figura 2. Localização da Bacia do Amazonas. Modificado de Françaolin (2007).....	18
Figura 3. Carta Cronoestratigráfica da Bacia do Amazonas (CUNHA <i>et al.</i> , 2007)..	19
Figura 4. Perfil litológico típico dos Platos Capiiranga, Mauari, Central e Guarana (GIRODO <i>et al.</i> , 2005) ...	23
Figura 5. Amostra de mão de bauxita nodular. ....	25
Figura 6. Amostra de mão de laterita ferruginosa. ....	26
Figura 7. (a) Amostra de bauxita maciça; (b) amostra de bauxita celular; (c) amostras de bauxita sacaroidal.	27
Figura 8. Esquema de lavras em tiras. (GIRODO <i>et al.</i> , 2005).....	29
Figura 9. (a) e (b) Bauxita celular banhada por argila marrom; (c) Bolsão de bauxita argilosa. ....	31
Figura 10. Seção do mapeamento de frente de lavra do bloco 1A, FRENTE A. ....	32
Figura 11. (a) Bauxita argilosa ; (b) Bauxita celular; (c) Bauxita maciça; (d) Bolsão laterítico. ....	33
Figura 12. Seção do mapeamento de frente de lavra do bloco 1A, FRENTE A .....	34
Figura 13. (a) Contato entre Bauxita maciça, parte superior, e Bauxita argilosa, parte inferior; (b) Bauxita argilosa com matriz de argila marrom; (c) Bauxita argilosa com traços caulínicos .....	35
Figura 14. Seção do mapeamento de frente de lavra do Bloco 1B, FRENTE B.....	36
Figura 15. (a) e (b) Bauxita argilosa com traços caulínicos. (c) Contato entre Bauxita maciça, parte superior e Bauxita argilosa, parte inferior. ....	37
Figura 16. Seção do mapeamento de frente de lavra do Bloco 2B, FRENTE B.....	38
Figura 17. Gráfico representativo das variações de teores de Alumina, Silica reativa e Ferro das canaletas da FRENTE A. ....	45
Figura 18. Gráfico representativo das variações de teores de Alumina, Silica reativa e Ferro das canaletas da FRENTE B.....	45

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>EPIÍGRAFE</b> .....	<b>VI</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1. OBJETIVOS .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
1.3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	14
1.4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
<b>2. GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	<b>17</b>
2.1. BACIA DO AMAZONAS .....	17
2.2. FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO .....	21
<b>3. GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>23</b>
3.1. DESCRIÇÃO DA ZONA DE LATERITA (MINERALIZAÇÃO).....	24
<b>4. MÉTODO DE LAVRA</b> .....	<b>29</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
5.1. MAPEAMENTO DE FRENTE DE LAVRA .....	30
5.2. ANÁLISE DE QUALIDADE.....	39
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>46</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O minério de alumínio possui extrema importância comercial nos dias de hoje, a bauxita é um dos principais minérios deste elemento de onde se extrai o alumínio metálico para a indústria. Na região de Juruti-PA os depósitos de bauxita desenvolveram-se sobre a Formação Alter do Chão, localizada estratigraficamente na bacia sedimentar do Amazonas. Estes depósitos, gerados por processos supergênicos, deram origem a um perfil laterítico com horizontes tipicamente bem definidos e contínuos, o que os categoriza como sendo do tipo *blanket*.

Os horizontes na região dos depósitos podem ser divididos em três zonas distintas: argila de Belterra, zona de laterita concrecionária e zona saprolítica. A zona de laterita concrecionária, por sua vez, é a porção do perfil que possui valor econômico, onde se encontra o minério e, pode ser subdividida em três subzonas: bauxita nodular, laterita e bauxita maciça.

O método de lavra utilizado pela empresa Alcoa é o chamado *Strip Mining* ou sistema de lavra em tiras. De acordo com as características do depósito, este método é o mais indicado para ser utilizado. O método consiste em separar tiras extensas de minério, porém, pouco largas, que sequencialmente são divididas em blocos. O acompanhamento da lavra é feito a partir de amostragem de canaletas na malha de 25x25m.

O mapeamento é feito a partir da obtenção de fotografias das frentes de lavra e observações em campo. É de extrema importância para a caracterização e classificação dos diferentes tipos de bauxita que estão presentes no perfil, o que reflete na qualidade do minério, além da identificação de bolsões ferruginosos (ou bolsões lateríticos) e bolsões de argila que possam vir a prejudicar a qualidade do produto final, aumentando os teores de ferro e sílica.

O presente trabalho vem mostrar através do mapeamento das frentes de lavra como o minério da mina varia de uma tira para outra, mostrando uma comparação da qualidade e a caracterização dos aspectos texturais de parte de cada tira que foi selecionada para o trabalho.

## 1.1.OBJETIVOS

A empresa Alcoa, na localidade de Juruti, opera em uma mina a céu aberto utilizando o método de lavra em tiras. O acompanhamento da lavra se faz necessário para que se possa analisar a qualidade do minério de acordo com o avanço da extração. O presente trabalho tem o objetivo de fazer uma comparação e análise qualitativa do minério da mina através do mapeamento das frentes de lavra da mina de bauxita de Juruti.

## 1.2.JUSTIFICATIVA

A extração da bauxita na mina Alcoa Juruti é feita com um acompanhamento de lavra que é realizado a partir de amostras de canaletas em uma malha de 25x25m. As análises químicas das amostras possuem variações nos teores de Alumina, Ferro e Sílica. Essa variação se deve às características do minério, que possui tipologias diferentes, ou devido à presença de argila e bolsões lateríticos.

Portanto, existe a necessidade de identificar e delimitar a tipologia do minério, bolsões de argila e bolsões lateríticos, a partir de análise em campo e de fotografias, uma vez que, a tipologia reflete tanto em suas características químicas quanto nas características físicas.

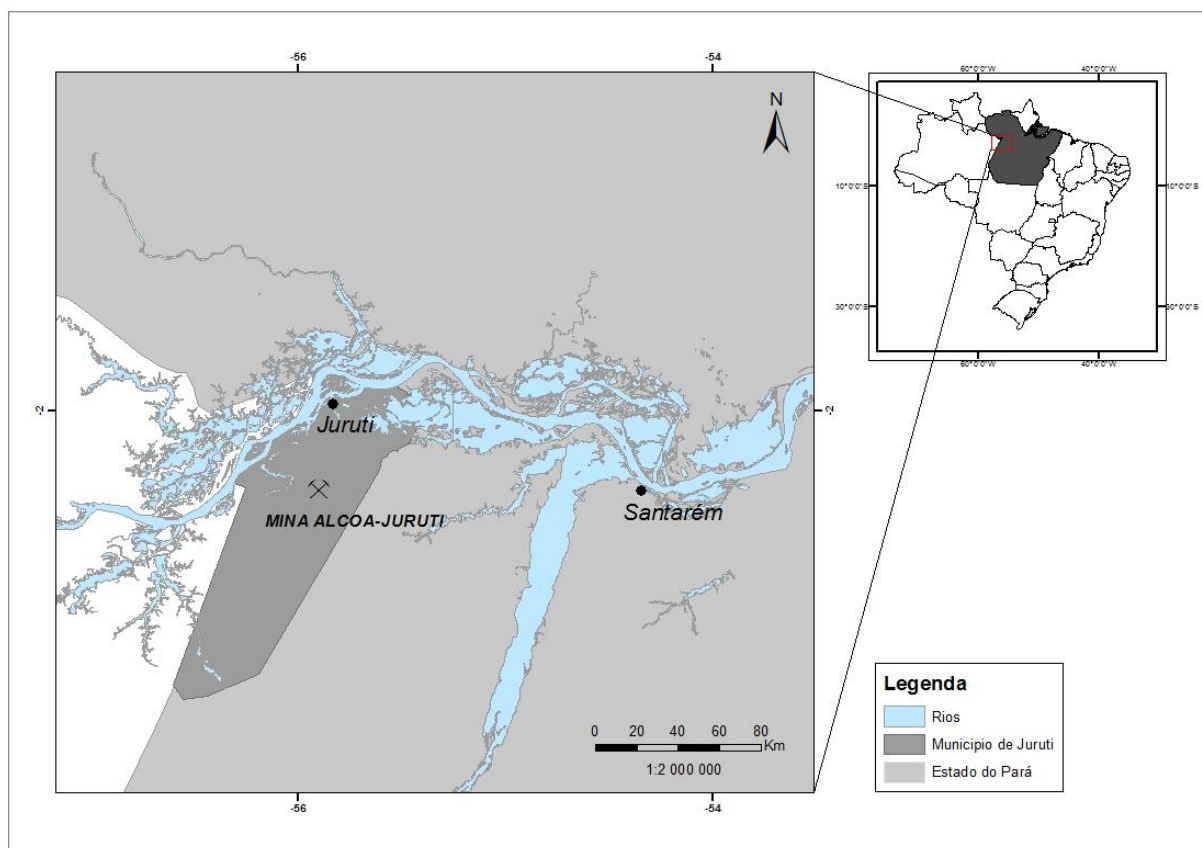
Logo, o mapeamento das frentes de lavra possui a finalidade de minimizar diferenças entre os teores que são planejados para o produto final e os teores que são realizados, indentificando os fatores contaminante e, auxiliando assim, o planejamento de mina no momento de definir a maior ou menor participação de cada tira na extração para que se possa obter uma melhor *blendagem* do minério.

### 1.3.LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A cidade de Santarém é o centro econômico mais próximo de Juruti e, encontra-se à cerca de 200 km via barco ou via estrada pela PA – 257 até o rio Tapajós e, em seguida via barco até a sua sede.

A mina de bauxita de Juruti situa-se na margem direita do Rio Amazonas, no município de Juruti, no extremo oeste do estado do Pará, próximo à divisa com o estado do Amazonas (**Figura 1**).

O acesso à mina é feito partindo da sede da cidade via estrada pela PA – 192 em um percurso de 56 km.



**Figura 1.** Mapa de localização.

#### 1.4.MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizado o levantamento bibliográfico a respeito da geologia e da gênese dos depósitos de bauxita brasileiros e da Amazônia, bem como as suas características e ocorrências.

Posteriormente, foi realizado o mapeamento que consistiu na observação em campo dos aspectos texturais da bauxita presente nas frentes de lavra da mina, tais texturas refletem a natureza tipológica da bauxita, que implica diretamente em suas características químicas e físicas, o que a torna de extrema importância para empresa para compor o produto final a ser enviado ao cliente. As fotografias são tiradas em campo de uma canaleta a outra de forma que as feições da parede sejam visíveis a certa distância para que possam ser traçados os contatos tipológicos e litológicos.

Das quatro frentes de lavra em que a mina Alcoa Juruti opera atualmente, foram selecionadas informações de duas tiras. Uma pertencente a frentes 1 (tira H255) denominada aqui de FRENTE A e outra pertencente a frente 3 (tira Q122) denominada aqui de FRENTE B. De ambas as tiras foram selecionados dois blocos para confecção do trabalho, o que compreende três canaletas. Da FRENTE A denominados de Blocos 1A e 2A e da FRENTE B denominado de blocos 1B e 2B.

Durante a coleta de informações foi feita a captura das imagens dos blocos e, coletadas as amostras de canaletas para envio ao laboratório. Através das fotografias obtidas, a seção de cada bloco foi confeccionada com a delimitação tipológica e litológica e, a delimitação dos possíveis bolsões de argila e bolsões lateríticos.

De posse das informações, com auxílio do *software ArcGis 10.1*, foi possível a confecção das seções esquemáticas de cada bloco das frentes de lavra, para análise e interpretação.

Finalizando, foi feita a avaliação da qualidade do minério de cada frente de lavra, através da análise química das amostras de canaletas. Ressaltando que os parâmetros de valores ideais para os resultados químicos são de Alumina aproveitável  $\geq 47,5\%$ , Sílica reativa  $\leq 4,1\%$  e Ferro  $\leq 20\%$  e Recuperação  $\geq 70\%$  (*vide* glossário).

As amostras foram coletadas verticalmente da parede de minério exposta em um intervalo de 50 cm e enviadas ao laboratório. O laboratório onde as amostras foram analisadas é próprio da empresa ALCOA, com certificação própria localizado junto aos escritórios

centrais da empresa na cidade de Juruti. No laboratório físico as amostras são processadas simulando a planta de produção da mina, passando por processos de britagem, peneiramento e lavagem, o que é de extrema importância para determinar a taxa de recuperação da bauxita, ou seja, o valor da porcentagem de massa restante após passar por todos os processos físicos. Os processamentos químicos vêm em seguida, nos quais os principais elementos analisados são Ferro, Sílica reativa e Alumínio.

Para as amostras de canaleta são analisadas as frações da bauxita para três tamanhos de granulometria: 20# (fração grossa), 150# + 400# (frações finas). A partir dos resultados químicos, é feito o cálculo para obtenção do resultado global para os elementos principais, ou seja, a junção dos resultados das frações finas e grossa, dada pela fórmula:

$$RG = (Rec1 * X1) + (Rec2 * X2) / (Rec1 + Rec2)$$

Onde:

RG: Resultado Global

Rec1: Recuperação fração grossa

Rec2: Recuperação fração fina

X1: Resultado químico fração grossa

X2: Resultado químico fração fina

Do resultado da fórmula acima é novamente feito o cálculo para se obter o valor da composta, ou seja, o resultado integrado das amostras da canaleta completa, dada pela fórmula abaixo:

$$RC = (RecGa * XGa) + (RecGb * XGb) / (RecGa) + (RecGb)$$

Onde:

RC: Resultado Composta

XGa: Resultado global do elemento amostra A

XGb: Resultado global do elemento amostra B

RecGa: Recuperação Global amostra A

RecGb: Recuperação Global amostra B



## 2. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo das frentes de lavra e o projeto de mineração de bauxita de Juruti se encontram estratigraficamente sob as coberturas fanerozoicas da Bacia do Amazonas, onde estão presentes diversos tipos de rochas sedimentares que compreende a formação Alter do Chão, percussora dos depósitos de bauxita da região.

### 2.1. BACIA DO AMAZONAS

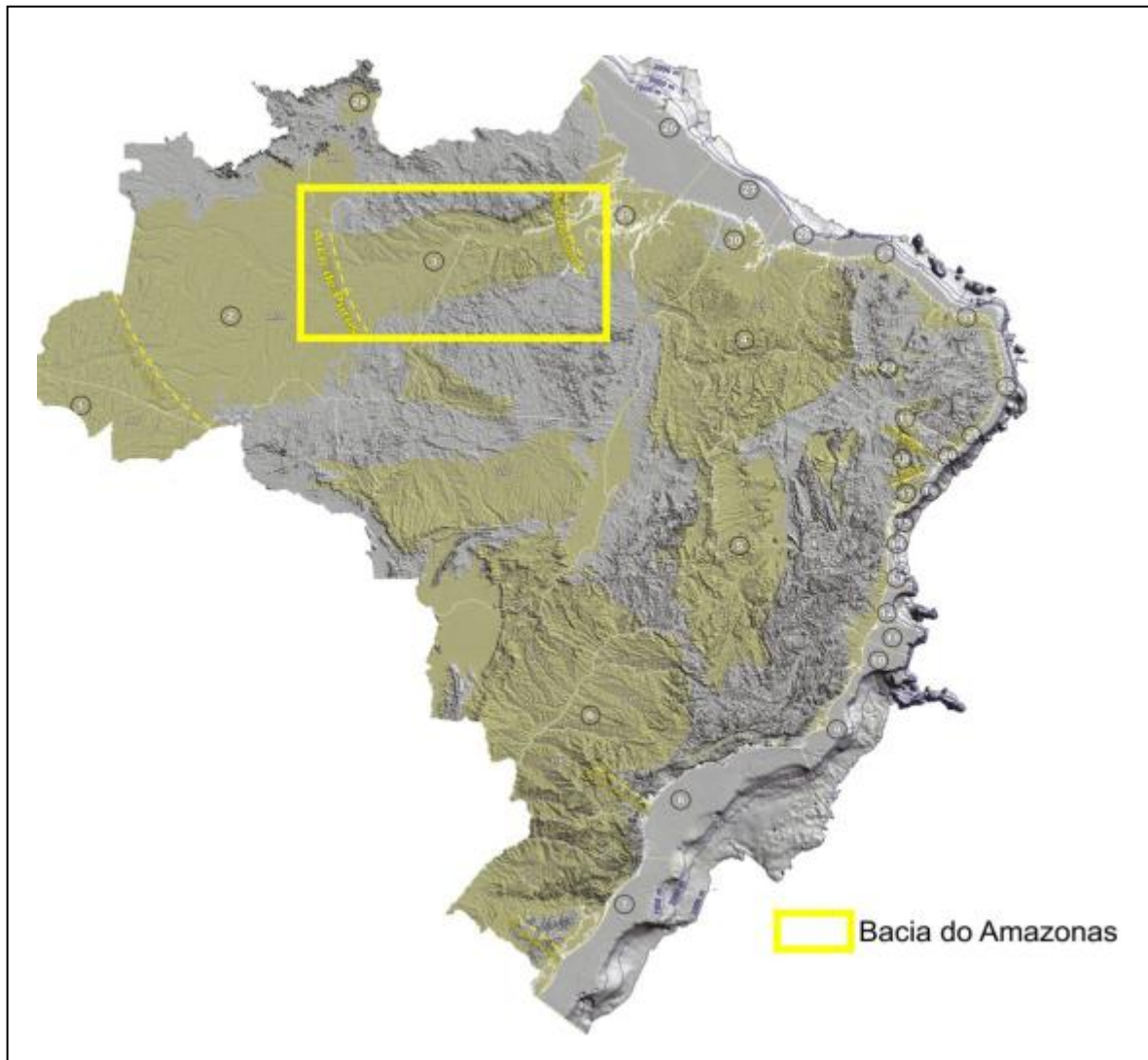
O Projeto Juruti insere-se, regionalmente, no contexto da Bacia Sedimentar do Amazonas, mais precisamente no âmbito da sub-bacia do Médio Amazonas, a qual é limitada por altos estruturais do embasamento com as sub-bacias adjacentes (**Figura 2**).

A bacia do Amazonas está situada entre o Escudo das Guianas ao norte e Escudo Brasil Central ao sul. Abrangendo parte dos estados do Amazonas e do Pará, as rochas sedimentares da Bacia do Amazonas atingem uma espessura de até 5.000 m distribuídas em uma área de aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup>. O limite ocidental da bacia se faz com a Bacia Solimões, Alto de Purus, e o oriental, com o *rift* mesozoico de Marajó através do Arco Gurupá (CUNHA *et al.*, 1994).

O pacote sedimentar da bacia está embasado sobre rochas metamórficas pertencentes às faixas móveis, ocidental e oriental, acrescidas a um núcleo central mais antigo denominado Província Amazônia Central, constituído por rochas essencialmente graníticas. A faixa móvel ocidental, formada por rochas graníticas e metamórficas, é denominada Faixa Móvel Ventuari-Tapajós, e a faixa móvel oriental, também constituída por rochas graníticas e metamórficas, designada Faixa Móvel Maroni-Itacaiúnas. (CORDANI *et al.*, 1984; CORDANI *et al.*, 2000).

O arcabouço estratigráfico da Bacia do Amazonas, considerando-se as premissas da Estratigrafia de Sequências, apresenta duas importantes megassequências de primeira ordem, uma paleozoica, constituída por rochas sedimentares de naturezas variadas, associadas a um grande volume de intrusões de diques e soleiras de diabásio mesozoicos, e uma mesozoico-cenozoica sedimentar.

A Megassequência Paleozoica, segundo os mesmos critérios, pode ser dividida em quatro sequências de segunda ordem, designadas como Sequência Ordovício-Devoniana, Sequência Devono- Carbonífera ou Devono-Tournasiana, Sequência Neoviseana e Sequência Pensilvaniano-Permiana. Todas são delimitadas por quebras significativas da sedimentação, decorrentes dos eventos tectônicos atuantes nas bordas da Placa Gondwânica, retratadas pelas expressivas discordâncias regionais que as separam (CUNHA *et al.*, 2007).



**Figura 2.** Localização da Bacia do Amazonas. Modificado de Françolin (2007).

O rift precursor da Bacia Amazônica, instalado no Cambriano Médio (507 Ma.) foi inicialmente preenchido por rochas da Formação Prosperança e Acari. Estas unidades correspondem a episódios anteriores à efetiva implantação da sinéclise e, devido à sua reduzida área de ocorrência, são consideradas como unidades secundárias na carta estratigráfica da bacia (CUNHA *et al.*, 2007) (**Figura 3**).

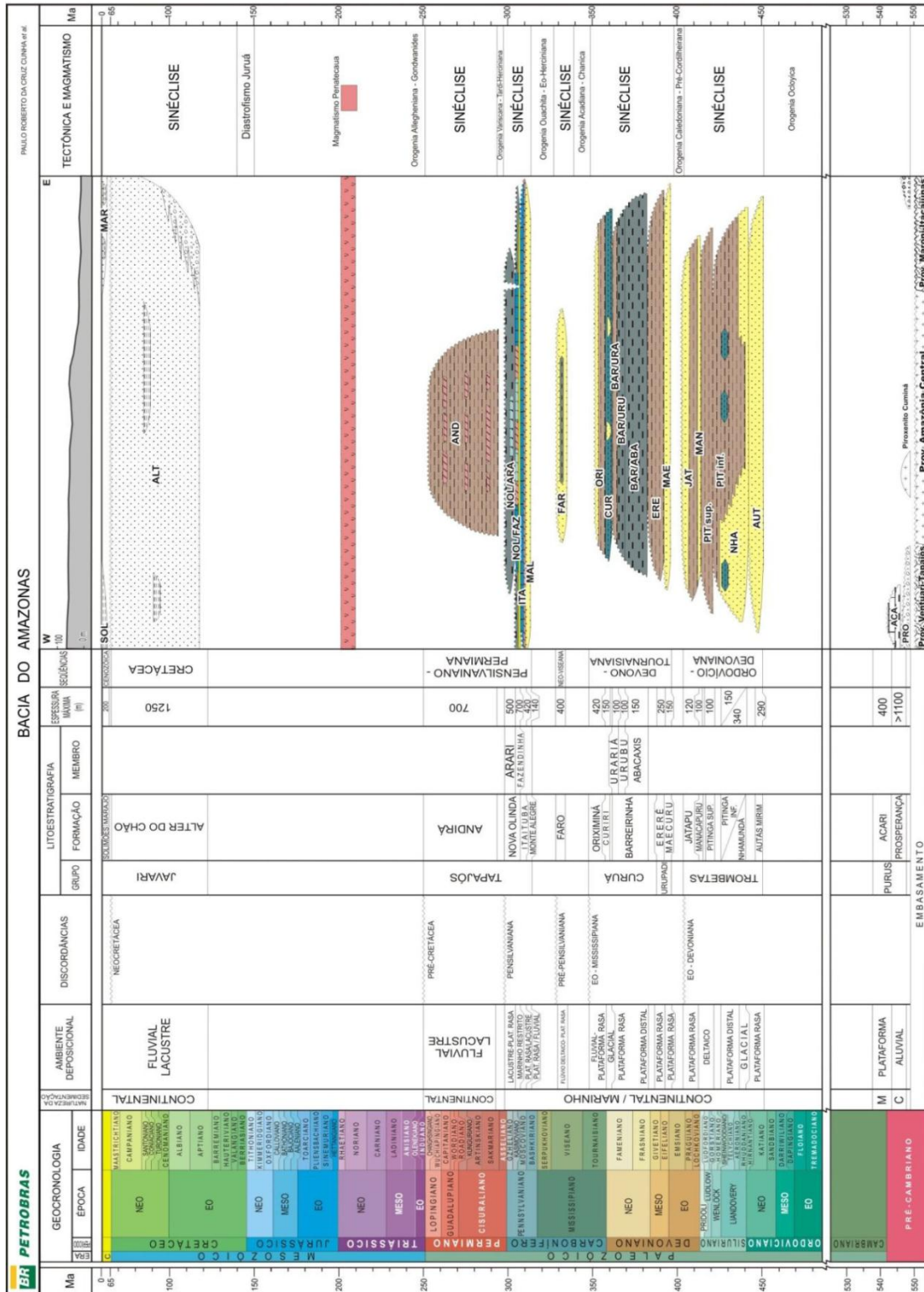


Figura 3. Carta Cronoestratigráfica da Bacia do Amazonas (CUNHA *et al.*, 2007).

A fase sinéclise, iniciada desde a deposição da Formação Autás-Mirim, está pontuada por orogêneses, responsáveis pelas discordâncias que separam as diversas sequências. A evolução da bacia, após o preenchimento do *rift* pela Formação Prosperança e Acari, se deu pela deposição da sequência ordoviciano-devoniana composta pelos sedimentos clásticos marinhos das formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga, Manacapuru e Jatapu, reunidas no Grupo Trombetas; sua deposição é encerrada pelo reflexo da Tardiocloyica (400 Ma) responsável pelo hiato que a separa da sequência devoniano-carbonífera (COSTA, 1984).

A sequência devono-carbonífera compreende as formações Maecuru, Ererê, Curiri, Oriximiná e Faro, que representam a sedimentação flúvio-deltaica e nerítica dos grupos Urupadi, as duas primeiras, e Curuá, as três últimas. Este último foi acompanhado por sedimentação glacial e seguido por um hiato deposicional correspondente a orogênese Tardichânica (330 Ma) (COSTA, 1984).

Após a deposição da sequência Devono-Carbonífera, uma intensa atividade tectônica atuou nas margens da Placa Sul-Americana, ocasionando soerguimento e erosão dessa sequência e, originando a discordância que a separa da unidade sobreposta, a Formação Faro, que isoladamente, constitui a chamada Sequência Neoviseana, que se caracteriza por arenitos e pelitos flúvio-deltaicos e litorâneos com influência de tempestades (CUNHA *et al.*, 2007).

O Grupo Tapajós, composto pelas formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá, possui um amplo espectro de ambientes de sedimentação: clásticos, carbonáticos e evaporíticos, tanto continentais como marinhos restritos, que formam a sequência Carbonífero-Permiana ou Pensilvaniana-Permiana (CUNHA *et al.*, 2007). Esta sequência é seguida sucessivamente pela Orogênese Sanrafaélica (260 Ma.) e pelo Diastrofismo Juruá. No princípio do Jurássico, ocorreu amplo magmatismo basáltico formando diques tipo Penatecaua e derrames não-aflorantes situados entre as formações Nova Olinda e Alter do Chão (SANTOS *et al.*, 1978).

A sedimentação na Bacia do Amazonas é encerrada pela deposição da outra unidade de primeira ordem da bacia, denominada Megassequência Mesozoico-Cenozoica, constituída pelas sequências Cretácea e Terciária. Estas, em conjunto, constituem o Grupo Javari (CUNHA *et al.*, 1994), então representado pelas formações Alter do Chão, Cretáceo, Marajó e Solimões, Terciário, assentado diretamente sobre a discordância do topo do Paleozoico, conhecida como discordância pré-cretácea ocorrente na porção oriental da bacia.

A Formação Alter do Chão, Mesozoica, e Formações Solimões e Marajó, Cenozoico, foram depositadas por sistemas fluviais e fluviolacustres. De acordo com Maia *et al.* (1977), os sedimentos da Formação Solimões consistem em argilitos, siltitos e arenitos e os da Formação Marajó são predominantemente arenosos. A Formação Marajó é coberta por depósitos eólicos que formam os campos de dunas Araçá, Anauá e Catrimâni (SANTOS *et al.*, 1993).

## 2.2.FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO

Os depósitos de bauxita de Juruti são representados, segundo diversos autores, pela Formação Alter do Chão, de idade Cretáceo Superior – Terciário Inferior. Os sedimentos desta unidade foram indevidamente definidos como pertencentes à Formação Barreiras, devido à sua aparente e suposta semelhança com os sedimentos que ocorrem ao longo da costa brasileira.

Porém, estudos realizados pela Petrobras, possibilitaram um melhor conhecimento da questão, sendo que, a expressão Alter do Chão foi usada pela primeira vez em 1954, referindo-se ao pacote de sedimentos vermelhos, estudados em perfurações de poços na localidade homônima, no estado do Pará. Esta denominação foi consagrada por inúmeros autores, vindo a ser usada até hoje pela Petrobras e CPRM nos trabalhos realizados na região (ARAÚJO, 1996).

A separação da Formação Alter do Chão da Formação Barreiras foi defendida por outros autores, tal como Santos (1974), o qual relacionou vários fatores e parâmetros diferenciando estas duas formações, dentre eles aspectos geotectônicos: Alter do Chão é intracratônica, Barreiras é pericratônica; cronológicos: Alter do Chão é do Cretáceo Superior enquanto a Formação Barreiras é do Oligoceno ao Pleistoceno; litológicos e estruturais.

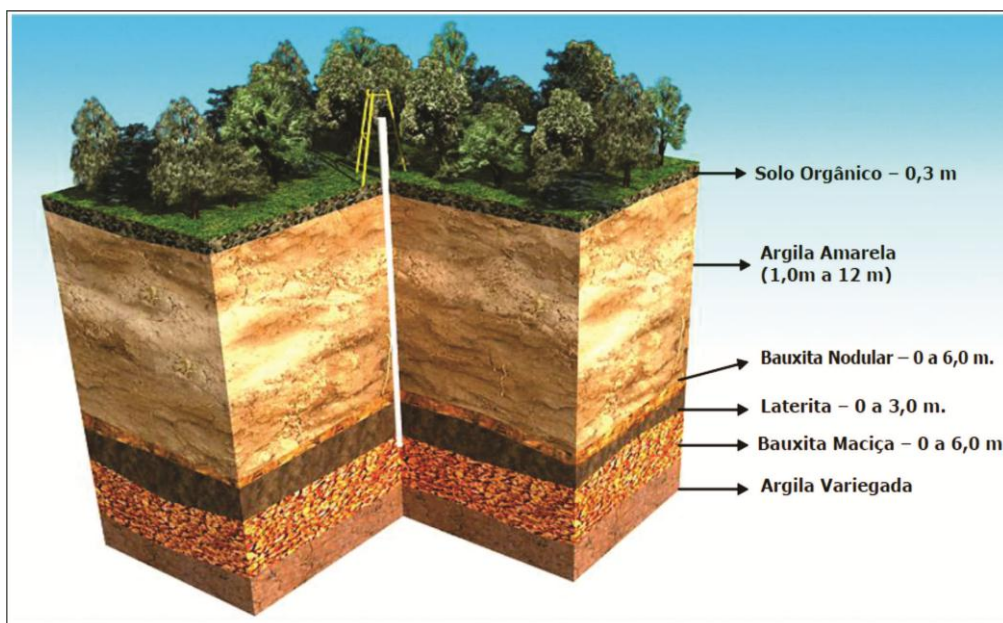
No geral, a Formação Alter do Chão caracteriza-se pela presença de sedimentos continentais vermelhos, incluindo basicamente arenitos argilosos, argilitos, quartzo-arenitos, quartzo-grauvacas e brechas intra-formacionais, depositados em ambientes fluvial e lacustre. Encontra-se distribuída no médio e baixo Amazonas, estando limitada e recoberta, a oeste, pela Formação Solimões e, a leste, pela Formação Barreiras.

A característica mais notável desta unidade é pertinente ao aspecto econômico, pois a mesma comporta grandes depósitos de bauxita, que estão localizados, principalmente nos municípios de Almerim, Oriximiná, Faro, Nhamundá e Juruti. Estes depósitos estão localizados nas partes superiores dos platôs, em camadas praticamente horizontais 100 a 200 m em relação ao nível do rio Amazonas. Na região de Juruti, a Formação Alter do Chão encontra-se bem exposta nas margens do rio Amazonas. No topo dos platôs, as lateritas ferruginosas e bauxíticas exibem o comportamento estratiforme e sequência de formação bem definida (GIRODO, 2001).

### 3. GEOLOGIA LOCAL

Os depósitos de bauxita da Amazônia oriental enquadram-se como sendo do tipo *blanket*, formados *in situ* por processos de intemperismo sobre rochas sedimentares clásticas, em condições climáticas tropicais úmidas. Estes depósitos caracterizam-se por apresentar espessura de ordem métrica, alcançando e ultrapassando raramente 10 metros e por apresentarem acentuadas variações laterais nos teores de Al, Si e Fe (PETTERSON, 1972 *apud*. GIRODO, 2001).

Na macro-área Juruti, os depósitos que correspondem aos platôs Capiranga, Central, Mauari e Guaraná desenvolveram-se sobre a Formação Alter do Chão, de idade neocretácica, gerando um perfil geológico bastante persistente, com horizontes de bauxita relativamente bem definidos (**Figura 4**). Apresenta um topo aplainado, com cotas da ordem de 120 m a 140 m, com encostas abruptas e bastante ravinadas, recortadas por inúmeras drenagens. Geralmente, o desnível chega a atingir mais de 80 m em relação ao nível do Lago Grande de Juruti.



**Figura 4.** Perfil litológico típico dos Platôs Capiranga, Mauari, Central e Guaraná (GIRODO *et. al.*, 2005)

Assim como os depósitos de Trombetas, estes se apresentam posicionados no topo da sequência, um perfil de laterização no qual podem ser identificadas três zonas distintas: argila Belterra, zona de laterita concrecionária e zona saprolítica. A zona de laterita concrecionária,

por sua vez, pode ser subdividida em três subzonas: bauxita nodular, laterita e bauxita maciça (GIRODO, 2005; FREYSSINET *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 1997).

### 3.1. DESCRIÇÃO DA ZONA DE LATERITA (MINERALIZAÇÃO)

**Bauxita Nodular:** representado por um horizonte descontínuo, chegando a atingir seis metros de espessura, consiste em nódulos de gibbsita, finamente cristalina, de tamanhos variáveis, distribuídos em uma matriz caulínica (**Figura 5**). São comuns neste horizonte nódulos ferruginosos que conferem elevados teores nas análises de ferro. Porém, em algumas porções do platô Capiranga este horizonte apresenta teores de Alumina consideravelmente bons para o seu aproveitamento e são facilmente contornados no *blending* do minério (OLIVEIRA, 2012).

Os nódulos representam de 50 a 70% do horizonte, tem forma desde irregular até arredondados e variam de pisólitos individuais até agregados cimentados que podem pesar até mais de 9 kg. São formados por uma massa microcristalina de gibbsita (65 a 75%) e caulinita (15% a 20%) e secundariamente goethita, hematita, argilas, anatásio e quartzo, enquanto que os pisólitos ferruginosos são principalmente compostos por uma mistura de goethita, limonita e caulinita.

A tendência, neste horizonte, é o aumento do conteúdo de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) com a profundidade. Como regra geral, os pequenos nódulos apresentam, após o processo de lavagem do material, um teor mais elevado em  $\text{SiO}_2$  do que os maiores nódulos, devido à sua maior superfície relativa exposta à contaminação de argila (GIRODO *et al.*, 2005).





**Figura 5.** Amostra de mão de bauxita nodular.

**Laterita:** corresponde a um horizonte de baixa sílica, com espessura de 0 a 3 m e consideráveis variações na dureza, textura, cor, relação ferro-alumina e conteúdo de sílica. Em alguns locais, esse material pode ser classificado como bauxita ferruginosa, face ao seu alto teor em  $Al_2O_3$ . A laterita (**Figura 6**) corresponde essencialmente a um horizonte pedológico, representado por uma matriz de material ferruginoso ou gibbsítico, contendo em ordem decrescente gibbsita, hematita, goethita, anatásio, caulinita e quartzo.

A parte superior desse horizonte, no contato com a bauxita nodular, é formada por grandes nódulos cimentados por óxido de ferro. Existe uma gradação da bauxita nodular para a laterita e desta para o horizonte superior de bauxita maciça, mas essa faixa de transição raramente excede a 30 cm.

O nível de laterita pode ser subdividido em 3 subhorizontes, uma laterita ferruginosa com argila castanha e elevado teor de Ferro (35 a 40%), seguida por um subhorizonte de material com textura de brecha, contendo argila amarelada, que não é cimentado com o subhorizonte inferior. Como característica principal, apresenta Silica e Ferro bastante elevados. O subhorizonte inferior, maciço e mais duro, também apresenta uma textura brechóide. Os nódulos são cimentados por gibbsita microcristalina, rósea a vermelha. Este nível apresenta um alto teor de Ferro e um baixo teor de Silica. Nem sempre estes subhorizontes, cujos contatos são graduais, estão presentes ao longo de uma mesma seção.



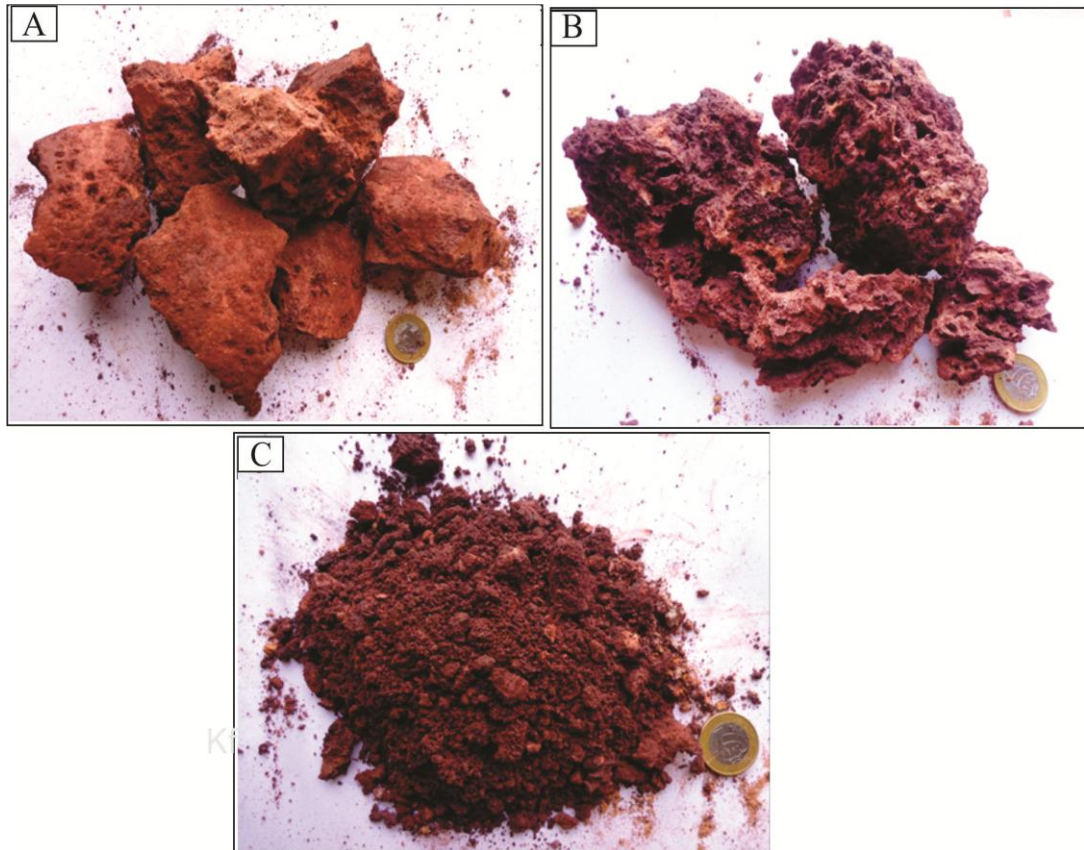
**Figura 6.** Amostra de mão de laterita ferruginosa.

**Bauxita Maciça:** O horizonte mineralizado, de maior valor econômico, é o horizonte bauxita maciça, que apresenta lateralmente variações de espessura e de conteúdos mineralógicos, por sua vez, apresenta também uma variedade de fácies, sendo que, a dureza, textura e coloração variam de acordo com o teor de ferro e argila no material. Apresenta espessura média de cerca de 4 m (pode atingir até 6 m) e constitui-se basicamente de gibbsita (45 a 65%), hematita (6 a 40%), caulinita (6 a 32%) e, secundariamente, noselita ( $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ ) do grupo da sodalita, quartzo e anatásio.

A transição entre horizonte de laterita e horizonte de bauxita maciça chamada de “zona de transição” ocorre de forma gradual, havendo uma substituição gradativa do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  por  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Tipicamente, o topo do horizonte de bauxita maciça é formado por uma bauxita dura a muito dura, quartzosa, de coloração vermelha (bauxita maciça propriamente dita), à medida que a profundidade aumenta, o ferro tende a diminuir, é a tipologia que possui os maiores valores de alumina aproveitável e recuperação mássica (**Figura 7a**).

A parte intermediária deste horizonte é formada por uma bauxita com diversos tipos de textura, sem zoneamento preferencial, ocorrendo variações tanto laterais quanto verticais, as quais refletem na composição química do minério. Esta bauxita denominada bauxita celular, também denominada zona esponjosa ou spongy zone, apresenta septos de bauxita cristalizada, com células vazias ou preenchidas também por gibbsita, apresenta um baixo teor de Ferro (8 a 20%) e baixa sílica, porém quando há bastante presença de argila o teor sílica

tende a aumentar, é muito comum esta tipologia ser banhada por argila marrom (Figura 7b).



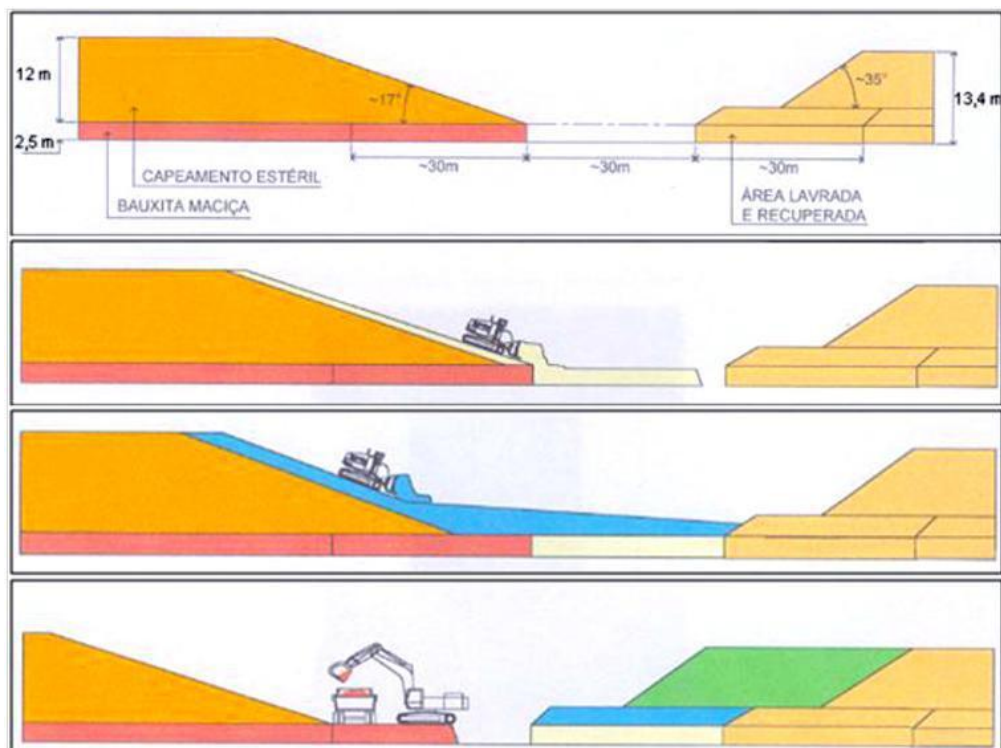
**Figura 7.** (a) Amostra de bauxita maciça; (b) amostra de bauxita celular; (c) amostras de bauxita sacaroidal.

A parte inferior deste horizonte é formada por uma bauxita com textura mais friável constituída de blocos e fragmentos de bauxita microcristalina, denominada de bauxita sacaroidal (**Figura 7c**). Possui coloração vermelha a vermelha arroxeadada, envoltas em uma matriz de argila. A Passagem do horizonte de bauxita maciça para o horizonte inferior (argila variegada) é gradual e o contato é muito ondulado, sendo que, bolsões de argila caulínica, com pequenos blocos e nódulos de bauxita com variadas texturas, ocorrem em toda a sequência. Esses bolsões quando contêm quantidades consideráveis de blocos de bauxita são denominados de bauxita argilosa (GIRODO *et al.*, 2005). Ao longo do perfil de bauxita maciça também há a ocorrência de laterita ferruginosa em forma de bolsões.

O horizonte de bauxita maciça proporciona ao Projeto Juruti a comercialização de um minério com teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  total  $\geq 47,5\%$ ,  $\text{SiO}_2 \leq 4,1\%$  e de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 20\%$ , teores exigidos pelo cliente. A produção em 2013 da mina foi de aproximadamente 4,0 Mt. Considerando uma recuperação mássica média do circuito de lavagem de 71,3% e uma umidade média 13%.

#### 4. MÉTODO DE LAVRA

As características dos depósitos de bauxita de Juruti dos platôs Capiranga, Central Sul, Mauari e Guaraná ocorrem em camadas horizontais e conduzem à aplicação do método de lavra em tiras ou *Strip Mining*, para o aproveitamento racional destas reservas (**Figura 8**).



**Figura 8.** Esquema de lavra em tiras, modificado de Souza (2011).

Nesse método, consagrado internacionalmente na lavra de jazidas do tipo camada, o minério e o estéril são removidos ao longo de cortes paralelos de pequena largura e grandes comprimentos, denominados tiras. Primeiramente o estéril, ou seja, camada de solo que cobre a bauxita é removido pelos tratores em uma tira e depositado na tira imediatamente anterior, servindo de preenchimento para o corte de onde já foi removido o minério, promovendo, deste modo, o descobrimento da camada de minério nesta tira para que esta possa ser removida (SOUZA, 2001).

Por conjugar as operações de lavra do minério com a disposição do estéril, evitando a ocupação de novas áreas e os impactos ambientais decorrentes, o método de lavra em tiras é considerado um dos mais corretos sob a ótica ambiental.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse das informações das análises químicas e das fotografias, foi possível a confecção das seções do mapeamento das frentes de lavra que atrelado à análise qualitativa dos seus respectivos blocos, são apresentados a seguir.

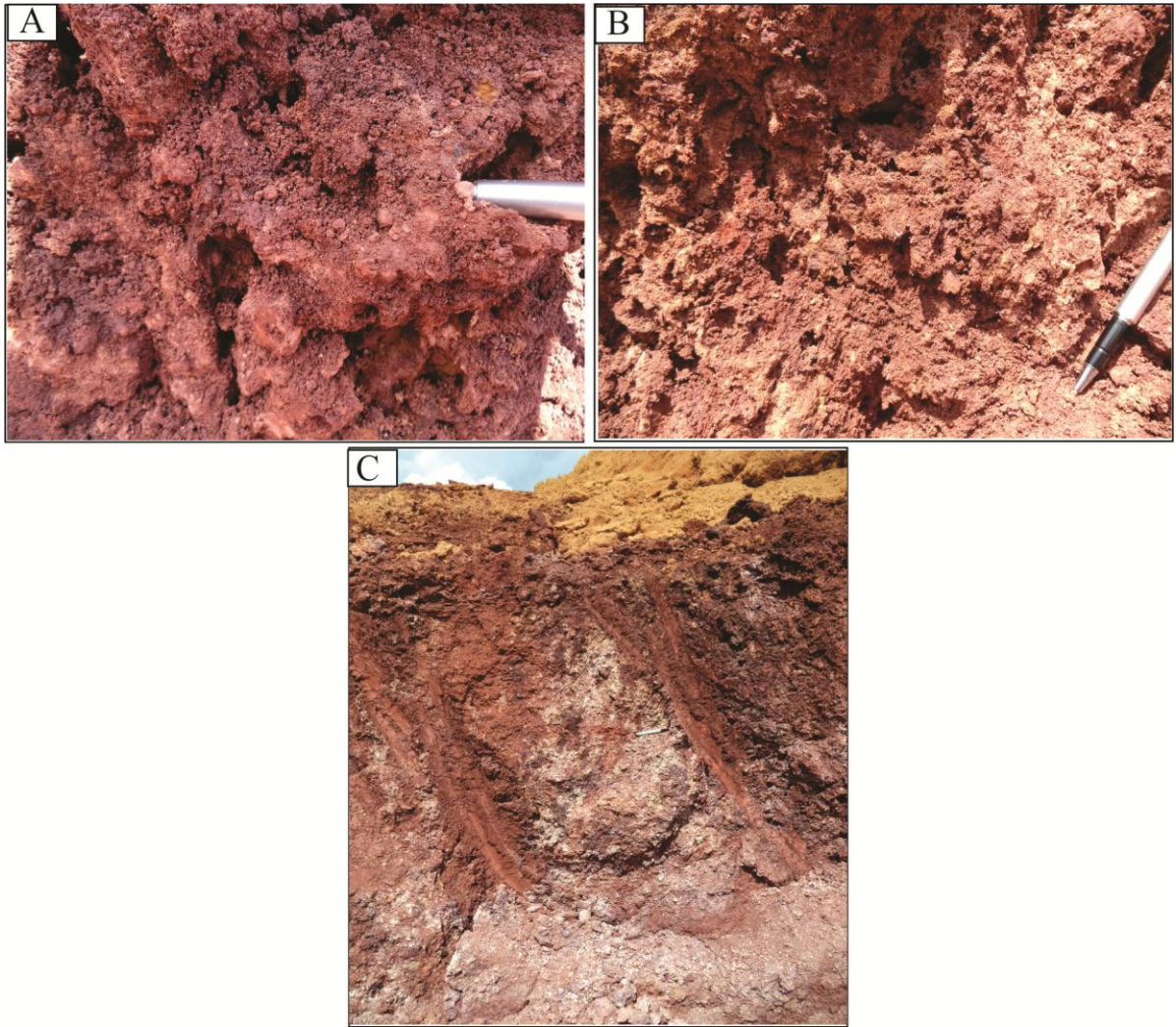
### 5.1. MAPEAMENTO DE FRENTE DE LAVRA

De acordo com o mapeamento realizado foram observados os aspectos texturais da bauxita presente nas frentes de lavra da mina, que juntamente com as fotografias obtidas, foi possível confeccionar a seção de cada bloco com seus aspectos principais que são detalhados abaixo:

#### FRENTE A – Bloco 1A

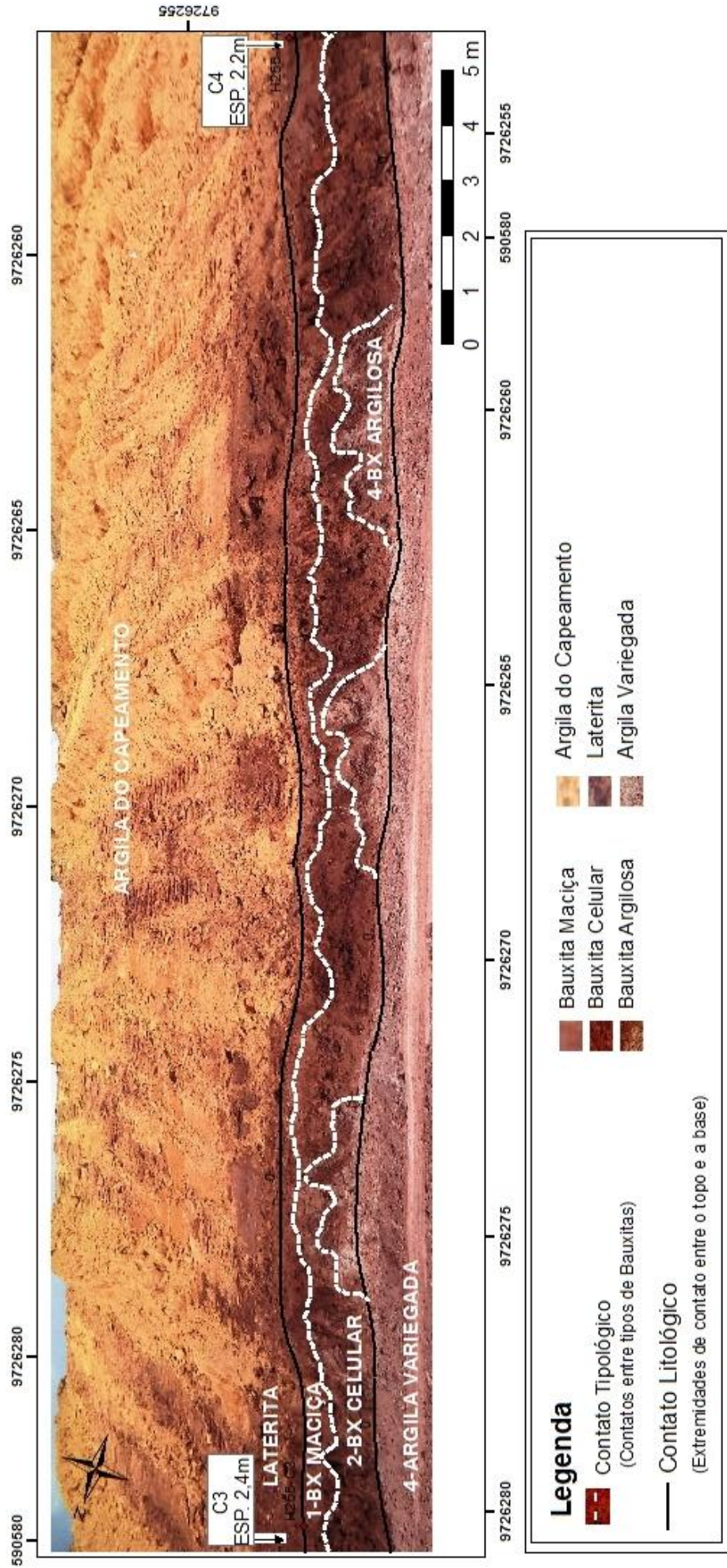
O minério presente no Bloco 1A se apresenta em diversas texturas, com predominância de bauxita celular em toda a extensão do bloco (**Figura 9a e 9b**). Possui coloração avermelhada e traços ferruginosos, geralmente ocorre inserida em matriz argilosa de coloração marrom. Pode-se observar claramente a presença de bolsões de argila, chamados aqui de bauxita argilosa, ao longo do bloco (**Figura 10**).

Estes bolsões possuem uma coloração esbranquiçada e fragmentos de bauxita em forma de pequenos blocos imersos em matriz argilosa com presença de caulim (**Figura 9c**). Seus contatos são irregulares com o perfil do minério. No topo do perfil há a presença de bauxita maciça em blocos rígidos de coloração alaranjada e avermelhada apresentando fragmentos ferruginosos e presença de argila marrom. Os contatos litológicos são ligeiramente irregulares tanto no topo do perfil quanto na base e os contatos tipológicos são bastante irregulares.



**Figura 9.** (a) e (b) Bauxita celular banhada por argila marrom; (c) Bolsão de bauxita argilosa.

# BLOCO 1A



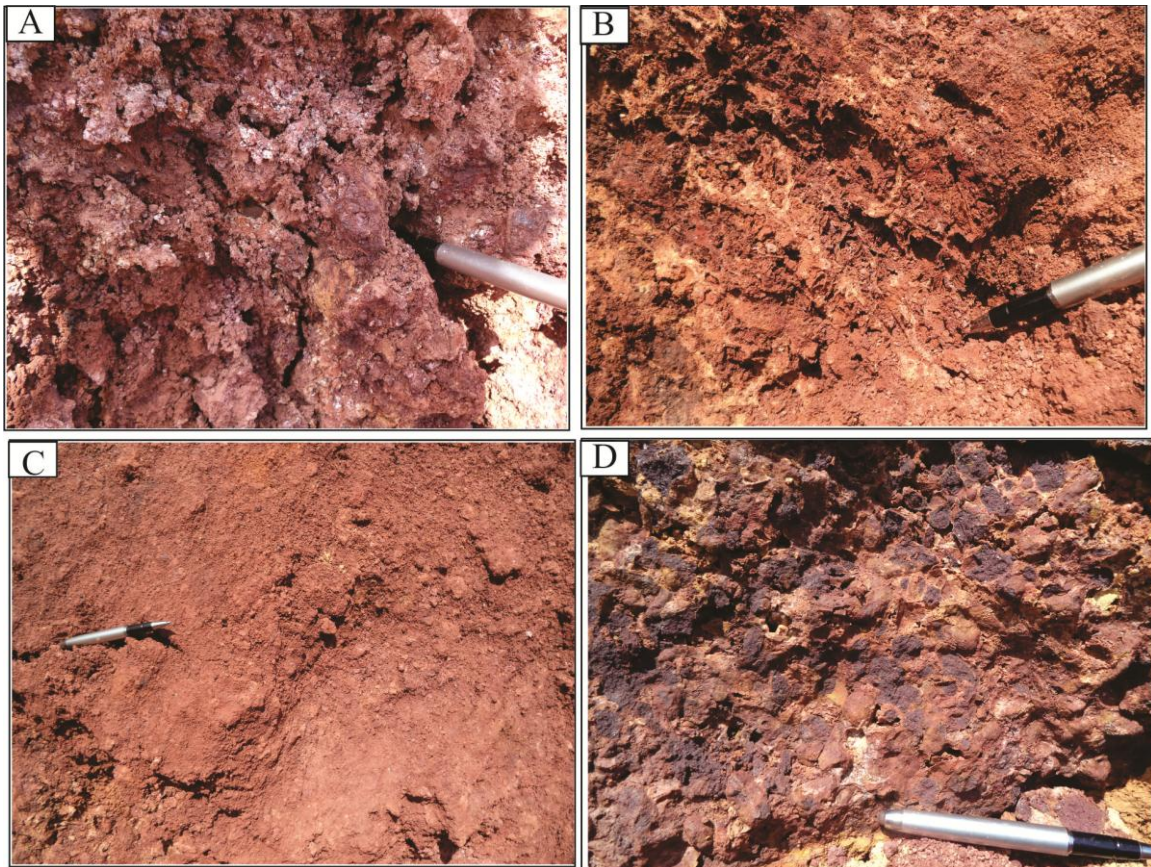
**Figura 10:** Seção do mapeamento de frente de lavra do bloco 1A, FRENTE A.



## FRENTE A – Bloco 2A

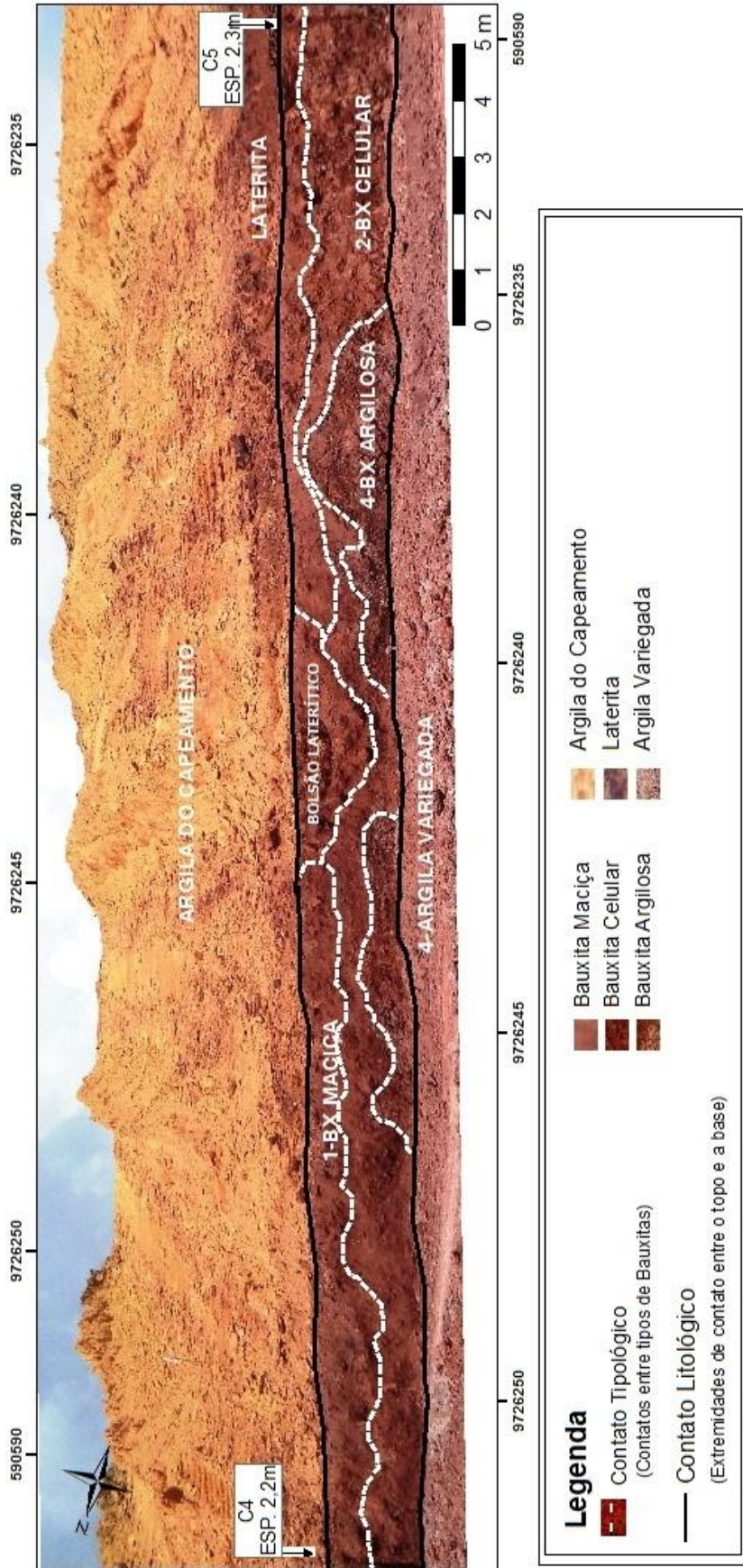
O Bloco 2A (**Figura 12**) apresenta características de bauxita argilosa, bauxita celular, bauxita maciça e há a ocorrência de um bolsão laterítico. A bauxita argilosa ocorre na forma de bolsões que ocorrem ao longo da seção, estes possuem pequenos blocos e fragmentos de bauxita e apresentam coloração arroxeada com traços caulínicos e traços ferruginosos (**Figura 11a**).

A bauxita celular possui um perfil mais estreito em relação ao bloco anterior, apresenta coloração avermelhada e possui fragmentos ferruginosos, se encontra imersa em uma argila de coloração marrom (**Figura 11b**). No topo há a presença de bauxita maciça em forma de blocos resistentes e com a presença de fragmentos ferruginosos e argila marrom (**Figura 11c**). Um bolsão laterítico ocorre na porção superior central, composto por laterita ferruginosa em forma de pisólitos envoltos por uma matriz argilosa de coloração amarela (**Figura 11d**). Os contatos litológicos são ligeiramente irregulares tanto no topo quanto na base do perfil e os contatos tipológicos são bastante irregulares.



**Figura 11.** (a) Bauxita argilosa ; (b) Bauxita celular; (c) Bauxita maciça; (d) Bolsão laterítico.

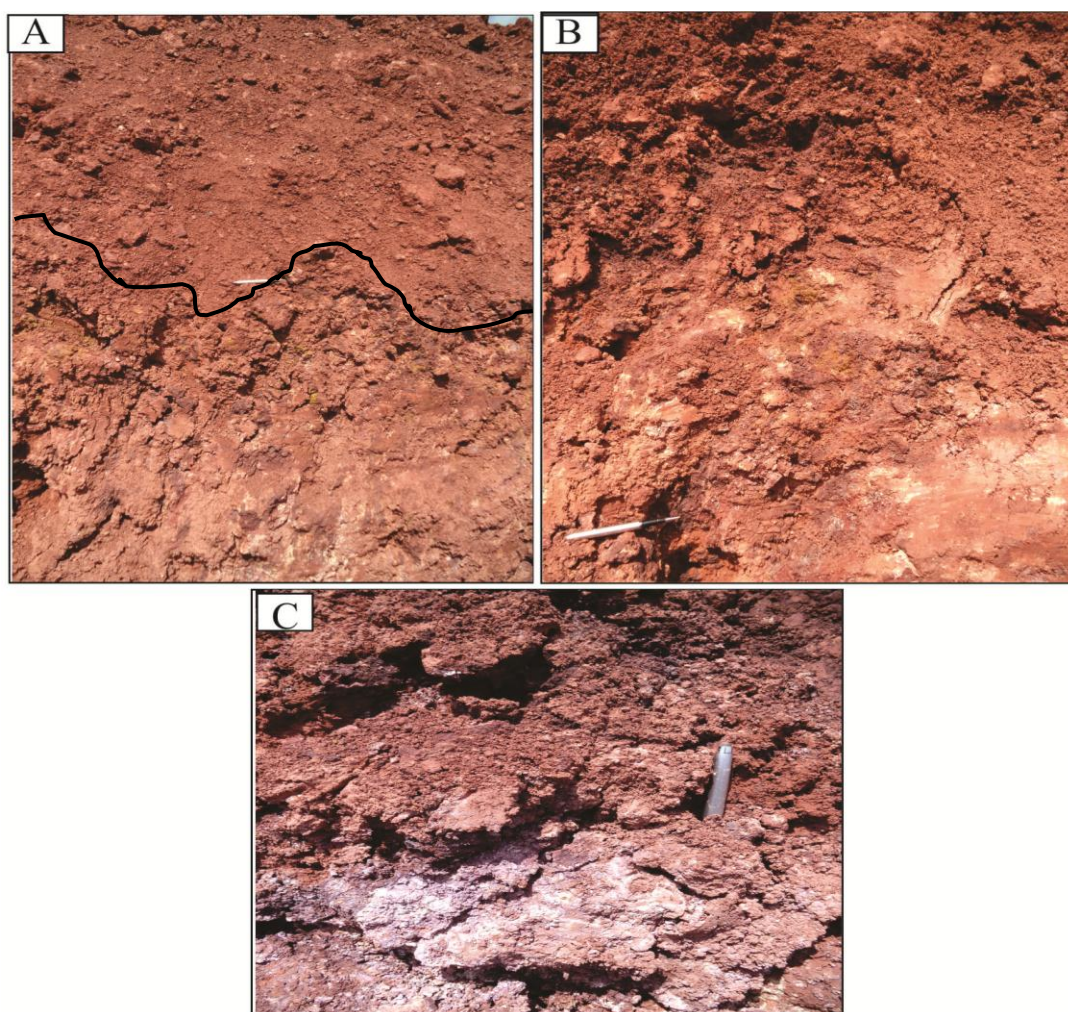
## BLOCO 2A



**Figura 12:** Seção do mapeamento de frente de lavra do bloco 2A, FRENTE A.

## FRENTE B – Bloco 1B

O Bloco 1B (**Figura 14**), pertencente a FRENTE B possui características diferentes dos blocos descritos anteriormente. Apresenta duas tipologias de bauxita: bauxita maciça e bauxita argilosa, não havendo a presença de um perfil de bauxita celular como ocorre na FRENTE A. Na porção superior predomina a presença de bauxita maciça (**Figura 13a**), com coloração avermelhada em forma de blocos rígidos com muitos fragmentos ferruginosos e, imersos em uma argila de coloração marron. Na porção inferior de toda a seção predomina a presença de bauxita argilosa (**Figuras 12b e 13c**), que possui blocos e fragmentos de bauxita com diversas texturas, inseridos em uma matriz argilosa de coloração marron a esbranquiçada, possuindo traços caulínicos e fragmentos ferruginosos ao longo de todo o bloco. Os contatos litológicos são ligeiramente irregulares tanto no topo quanto na base do perfil, enquanto os tipológicos são bastante irregulares.



**Figura 13:** (a) Contato entre Bauxita maciça, parte superior, e Bauxita argilosa, parte inferior; (b) Bauxita argilosa com matriz de argila marron; (c) Bauxita argilosa com traços caulínicos.

## BLOCO 1B

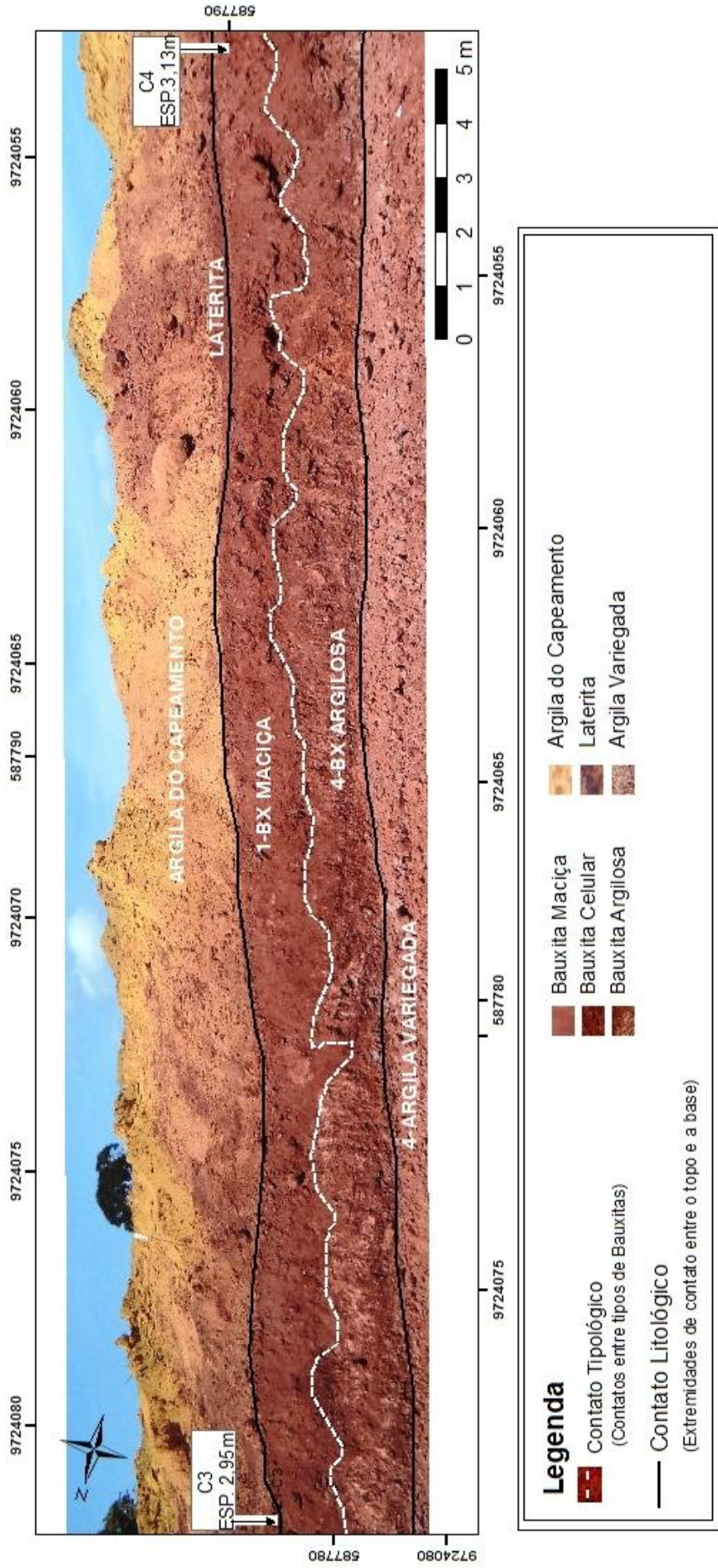
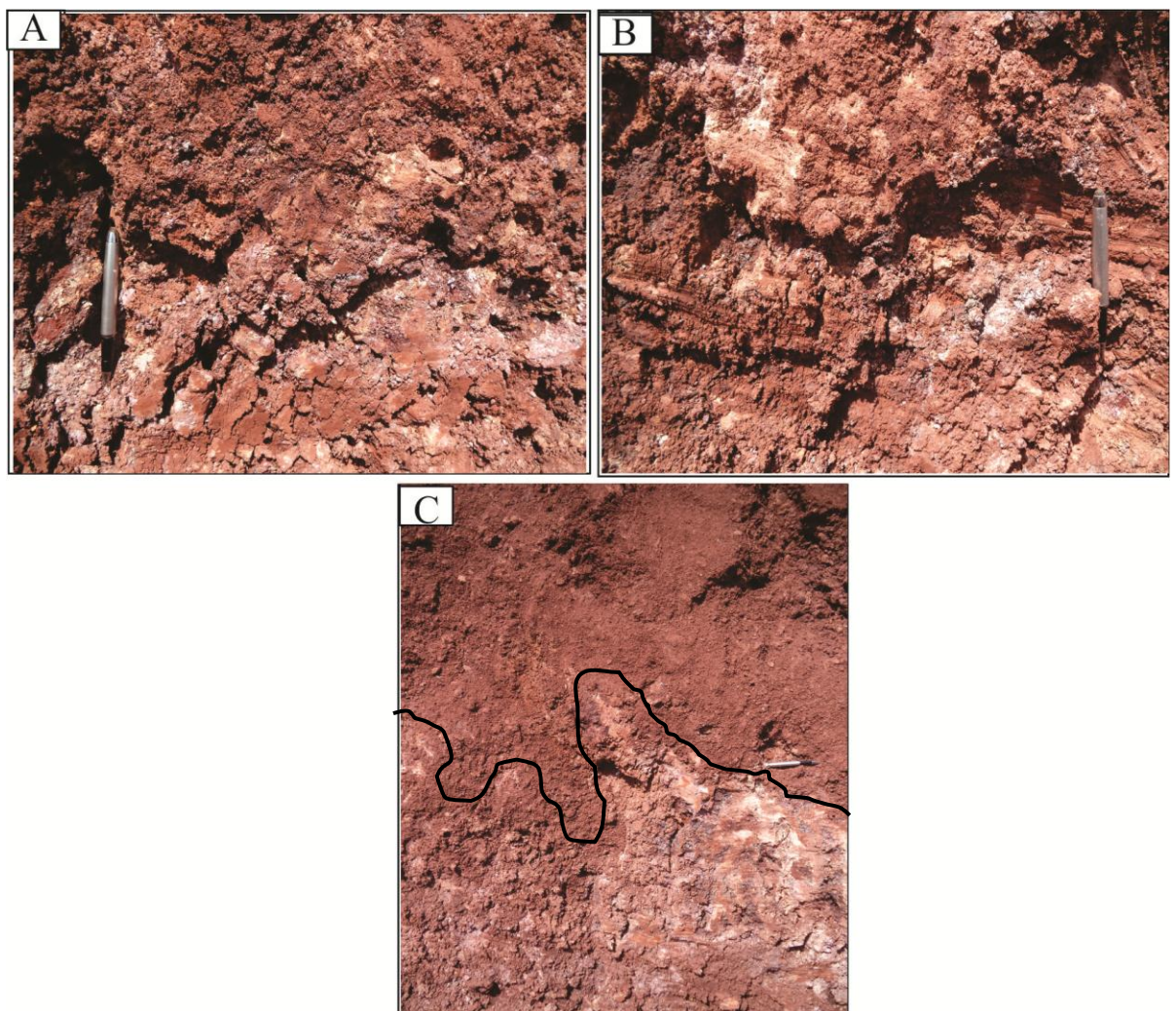


Figura 14. Seção do mapeamento de frente de lavra do Bloco 1B, FRENTE B.

## FRENTE B – Bloco 2B

As características do Bloco 2B (**Figura 16**) são muito semelhantes ao bloco 1B, apresentando duas tipologias: bauxita maciça e bauxita argilosa. A bauxita argilosa predomina na parte inferior de toda a seção, apresenta pequenos blocos e fragmentos de bauxita de diversas texturas, inseridos em uma matriz argilosa de coloração marrom a esbranquiçada com bastantes traços caulínicos e fragmentos ferruginosos em todo o bloco (**Figura 15a e 15b**). A parte superior predomina bauxita maciça (**Figura 15c**) em blocos rígidos, de coloração avermelhada com fragmentos ferruginosos e envoltos por uma argila marrom em toda a sua extensão.



**Figura 15:** (a) e (b) Bauxita argilosa com traços caulínicos. (c) Contato entre Bauxita maciça, parte superior e Bauxita argilosa, parte inferior.

## BLOCO 2B

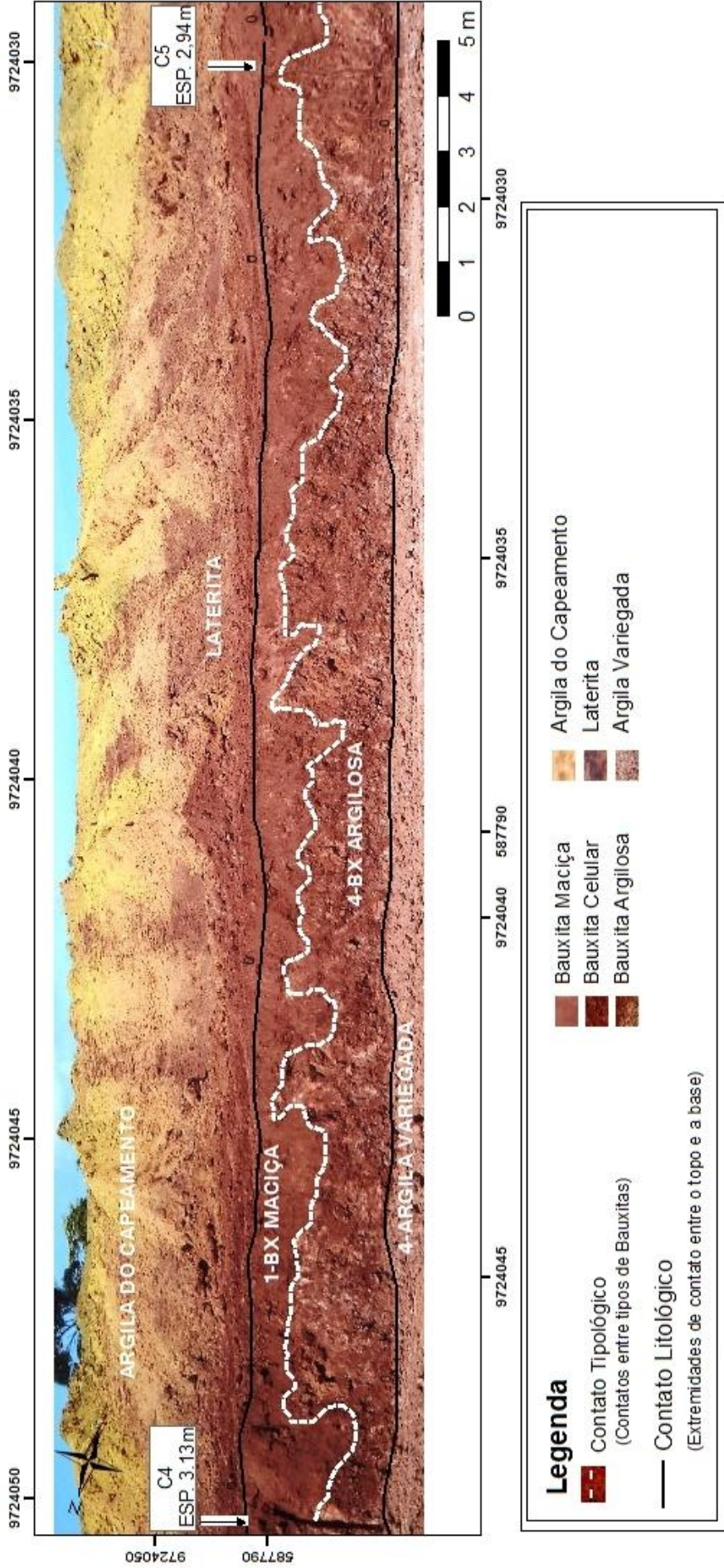


Figura 16. Seção do mapeamento de frente de lavra do Bloco 2B, FRENTE B.

## 5.2. ANÁLISE DE QUALIDADE

Após o recebimento dos resultados químicos das amostras, foi possível fazer uma análise da qualidade das frentes de lavra selecionadas de acordo com os parâmetros que a empresa almeja, que são  $Al_2O_3$  total  $\geq 47,5\%$ ,  $SiO_2 \leq 4,1\%$  e de  $Fe_2O_3 \leq 20\%$  e  $Rec \geq 70\%$ .

A partir dos cálculos para encontrar o Resultado Global seguido dos cálculos para encontrar o Resultado da Composta, os dados foram compilados nas tabelas abaixo:

Tabela 1. Resultados químicos da Canaleta 3 da FRENTE A.

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
H255-C3	0	0.3	5	54.80	45.00	2.33	20.47	23.37	44.94	2.21	21.44
H255-C3	0.3	1.4	5	61.87	50.56	2.10	15.02	22.80	45.44	1.72	23.21
H255-C3	1.4	1.9	5	55.66	52.68	4.10	8.82	18.49	44.51	4.30	20.44
H255-C3	1.9	2.4	6	45.69	52.59	5.43	6.55	20.39	42.08	5.57	21.72

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
H255-C3	0.30	78.17	44.98	2.29	20.76
H255-C3	1.10	84.66	49.18	2.00	17.23
H255-C3	0.50	74.15	50.64	4.15	11.72
H255-C3	0.50	66.08	49.35	5.47	11.23
<b>Composta</b>	<b>2.40</b>	<b>77.79</b>	<b>48.97</b>	<b>3.08</b>	<b>15.51</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014.

Tabela 2. Resultados químicos da Canaleta 4 da FRENTE A.

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
H255-C4	0	0.3	5	69.18	28.81	0.56	45.60	19.01	28.26	0.73	44.77
H255-C4	0.3	1.2	5	72.87	45.43	1.12	21.08	17.93	41.23	1.10	25.74
H255-C4	1.2	1.7	5	65.11	54.40	2.96	7.90	18.05	51.14	3.06	13.62
H255-C4	1.7	2.2	6	48.02	49.63	6.11	8.33	20.66	46.18	4.81	16.54

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
H255-C4	0.30	88.19	28.69	0.60	45.42
H255-C4	0.90	90.80	44.60	1.12	22.00
H255-C4	0.50	83.16	53.69	2.98	9.14
H255-C4	0.50	68.68	48.60	5.72	10.80
<b>Composta</b>	<b>2.20</b>	<b>83.68</b>	<b>45.11</b>	<b>2.32</b>	<b>20.37</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014

Tabela 3. Resultados químicos da Canaleta 5 da FRENTE A

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
H255-C5	0	0.3	5.00	59.33	42.16	3.29	24.61	14.56	40.09	4.14	25.51
H255-C5	0.3	1.29	5.00	52.25	50.33	4.24	12.17	18.60	45.00	5.94	16.78
H255-C5	1.29	1.79	5.00	52.52	51.37	5.95	6.62	17.46	48.42	5.08	12.92
H255-C5	1.79	2.29	6.00	44.29	48.49	7.39	8.01	20.69	47.63	5.33	14.08

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
H255-C5	0.30	73.90	41.75	3.46	24.79
H255-C5	0.99	70.85	48.93	4.69	13.38
H255-C5	0.50	69.98	50.63	5.73	8.19
H255-C5	0.50	64.98	48.22	6.73	9.94
<b>Composta</b>	<b>2.30</b>	<b>71.12</b>	<b>48.15</b>	<b>4.76</b>	<b>13.94</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014

Tabela 4. Resultados químicos da Canaleta 3 da FRENTE B

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
Q122-C3	0	0.3	5	80.12	51.16	2.31	13.00	11.52	48.31	2.71	16.85
Q122-C3	0.3	1.85	5	53.73	47.52	4.87	15.29	20.54	44.84	4.28	21.10
Q122-C3	1.85	2.35	5	44.60	46.77	8.32	10.25	18.23	45.54	6.57	15.46
Q122-C3	2.35	2.95	6	35.32	45.59	6.81	11.41	19.26	44.45	5.60	17.05

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
Q122-C3	0.30	91.64	50.80	2.36	13.48
Q122-C3	1.55	74.27	46.78	4.71	16.90
Q122-C3	0.50	62.83	46.42	7.81	11.76
Q122-C3	0.60	54.58	45.19	6.38	13.40
<b>Composta</b>	<b>2.95</b>	<b>74.08</b>	<b>47.28</b>	<b>4.87</b>	<b>15.61</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014



Tabela 5. Resultados químicos da Canaleta 4 da FRENTE B

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
Q122-C4	0	0.3	5	77.31	49.79	2.73	15.71	11.91	47.31	3.10	18.20
Q122-C4	0.3	1.93	5	68.22	47.90	5.18	14.13	12.75	46.27	2.82	19.79
Q122-C4	1.93	2.53	5	52.01	47.86	5.89	11.58	15.91	45.63	5.90	15.20
Q122-C4	2.53	3.13	6	46.91	45.87	7.16	13.00	18.09	41.56	6.55	21.12
Q122-C4											

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
Q122-C4	0.30	89.22	49.46	2.78	16.04
Q122-C4	1.63	80.97	47.64	4.81	15.02
Q122-C4	0.60	67.92	47.33	5.89	12.43
Q122-C4	0.60	65.00	44.67	6.99	15.26
<b>Composta</b>	<b>3.13</b>	<b>79.30</b>	<b>47.84</b>	<b>4.72</b>	<b>14.71</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014

Tabela 6. Resultados químicos da Canaleta 5 da FRENTE B

HOLE ID	FROM (m)	TO (m)	Lito	RC20#	AA1	SR1	FE1	RC150#+400#	AA2	SR2	FE2
Q122-C5	0	0.3	5	80.14	50.46	1.81	17.11	11.90	50.78	1.67	16.58
Q122-C5	0.3	1.94	5	56.35	47.49	3.47	19.29	21.04	46.42	3.75	18.80
Q122-C5	1.94	2.44	5	45.42	42.70	8.95	10.27	15.52	43.96	8.87	10.80
Q122-C5	2.44	2.94	6	37.32	43.71	7.93	13.14	15.56	43.30	8.27	13.04

HOLE ID	ESP(M)	REC%	AA%	SR%	FE%
Q122-C5	0.30	92.04	50.50	1.74	16.86
Q122-C5	1.64	77.40	47.20	3.61	19.03
Q122-C5	0.50	60.93	43.02	8.91	10.53
Q122-C5	0.50	52.87	43.59	8.10	13.09
<b>Composta</b>	<b>2.94</b>	<b>76.42</b>	<b>47.08</b>	<b>3.97</b>	<b>16.97</b>

Fonte: Laboratório ALCOA, mina de Juruti, 2014

Legenda:

FROM: Início da amostra

TO: Final da amostra

Lito: Litologia 5 (bauxita), Litologia 6 (argila variegada)

RC20#: Recuperação fração grossa

RC150#+400#: Recuperação fração fina + recuperação fração grossa

AA: Alumina aproveitável

SR: Sílica Reativa

FE: Ferro

ESP: Espessura

HOLE ID: Identificação da canaleta

A partir dos dados das tabelas dos resultados químicos, a análise qualitativa entre os blocos e frentes de lavra foi feita abordando os teores encontrados e, atrelados a eles, os principais aspectos texturais de cada bloco.

#### Bloco 1A:

No bloco é predominante a tipologia de bauxita maciça e bauxita celular. A bauxita maciça em perfil estreito no topo possui resistência maior que o perfil de bauxita celular. Os resultados químicos para as canaletas do Bloco 1A (C3 e C4) apresentaram uma diferença entre si relativamente alta para os valores ideais para alguns elementos. Na Canaleta 3 o valor da composta para recuperação foi de 77,79%, valor acima do esperado, o que ocorre também na Canaleta 4, que o valor de recuperação foi de 83,68%. Os valores de Alumina aproveitável na Canaleta 3 foi de 48,97% , valor acima do ideal e na Canaleta 4 de 45,11% abaixo do ideal.

Os valores para Sílica reativa foram de 3,08% na Canaleta 3 e de 2,32% na Canaleta 4. Para o ferro os valores foram de 15,51% na Canaleta 3 e de 20,37% na Canaleta 4. Nota-se que os valores de recuperação e sílica reativa apresentaram um bom resultado de acordo com os parâmetros. Porém, na Canaleta 4 o resultado de alumina aproveitável foi abaixo do aceitável e para o ferro o resultado ultrapassou o limite aceitável. Os resultados para a sílica reativa estão dentro do parâmetro, porém, os bolsões de argila que se encontram ao longo do bloco, podem fazer com que o resultado final de sílica reativa após o desmonte do minério se eleve. A espessura entre as duas canaletas é bem semelhante C3 2,4m e C4 2,2m, diferindo-se apenas por 20 centímetros entre uma e outra.

#### Bloco 2A:

No Bloco 2A a presença de bauxita celular se torna menor que no Bloco 1A e a bauxita maciça possui um perfil ligeiramente mais espesso. O bolsão laterítico que se encontra no centro superior do perfil não ocorre na seção do Bloco 1A. Os resultados químicos apresentaram também algumas diferenças. A taxa de recuperação para as duas

canaletas do bloco está dentro dos parâmetros aceitáveis para a empresa, ou seja, acima de 70%

Os resultados para Alumina aproveitável foi de 45,11% na Canaleta 4 e de 48,15% na Canaleta 5. Para a Sílica reativa o resultado foi de 2,32% na Canaleta 4 e de 4,76% na Canaleta 5. Para o Ferro o resultado foi de 20,37% na Canaleta 4 e na Canaleta 5 de 13,94%. A Canaleta 4 do bloco 2A se repete no bloco anterior devido à sequência lateral do blocos. A análise para a Alumina aproveitável na Canaleta 4 (que está também no bloco 1A) é de 45,11% e na Canaleta 5 é de 48,15%, os valores são bem semelhantes aos que ocorrem no Bloco 1A e estão dentro dos parâmetros aceitáveis.

Os valores de análise para Sílica reativa na Canaleta 5 ultrapassa os valores estabelecidos como ideais para o minério, sendo de 4,76%. Porém, na Canaleta 4 o valor é de 2,32% que se encontra dentro dos níveis aceitáveis. Os valores para a análise do ferro na Canaleta 5 é de 13,94%, enquanto que na Canaleta 4 é de 20,37%, valores também semelhantes aos que ocorrem no Bloco 1A. Não foi feito análise do bolsão laterítico que se encontra no corpo. As espessuras entre uma canaleta e outra são diferentes apenas por 10 centímetros.

## Bloco 1B

No Bloco 1B a tipologia de bauxita se divide em bauxita maciça em blocos resistentes na porção superior do bloco e Bauxita argilosa na porção inferior, o perfil das tipologias é praticamente dividido ao meio da seção com um contato irregular. Os resultados analíticos para as canaletas do bloco (C3 e C4) revelaram valores bastante semelhantes entre si e bons resultados de taxa de recuperação. Na Canaleta 3, o valor da recuperação foi de 74,08% e na Canaleta 4 foi de 79,30%, ambos os valores considerados dentro dos limites aceitáveis. A análise para Alumina aproveitável na Canaleta 3 foi de 47,28% considerado abaixo do parâmetro, enquanto que na Canaleta 4 o resultado foi de 47,84%, estando dentro dos limites aceitáveis. Os resultados para Sílica reativa foram de 4,87% na Canaleta 3 e de 4,72% na Canaleta 4, ambos os valores são considerados insatisfatórios de acordo com os valores de referência para sílica reativa.

O resultado para o Ferro na Canaleta 3 foi de 15,61% e de 14,71% na Canaleta 4, valores considerados bons e dentro dos parâmetros de referencias. A espessura do bloco tem em torno de 3 m, com diferença de 18 cm entre uma canaleta e outra. De modo geral os

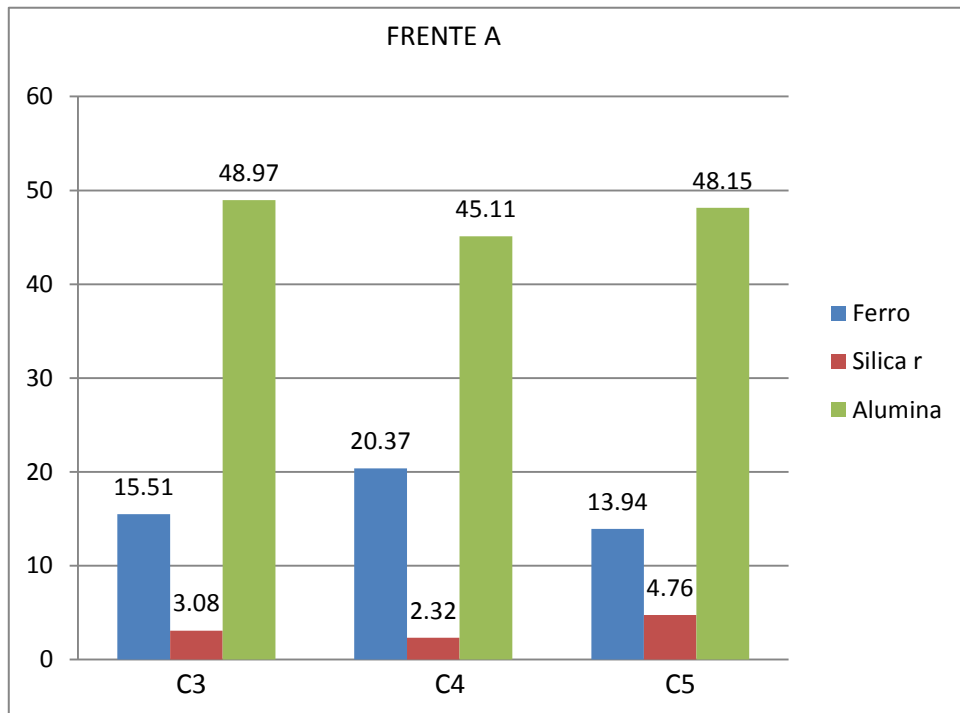
resultados químicos para o ferro e as taxas de recuperação nas canaletas foram satisfatórios. Porém, os resultados para sílica reativa foram acima dos permitidos e na Canaleta 3 o resultado para Alumina aproveitável foi considerado abaixo do ideal.

## Bloco 2B

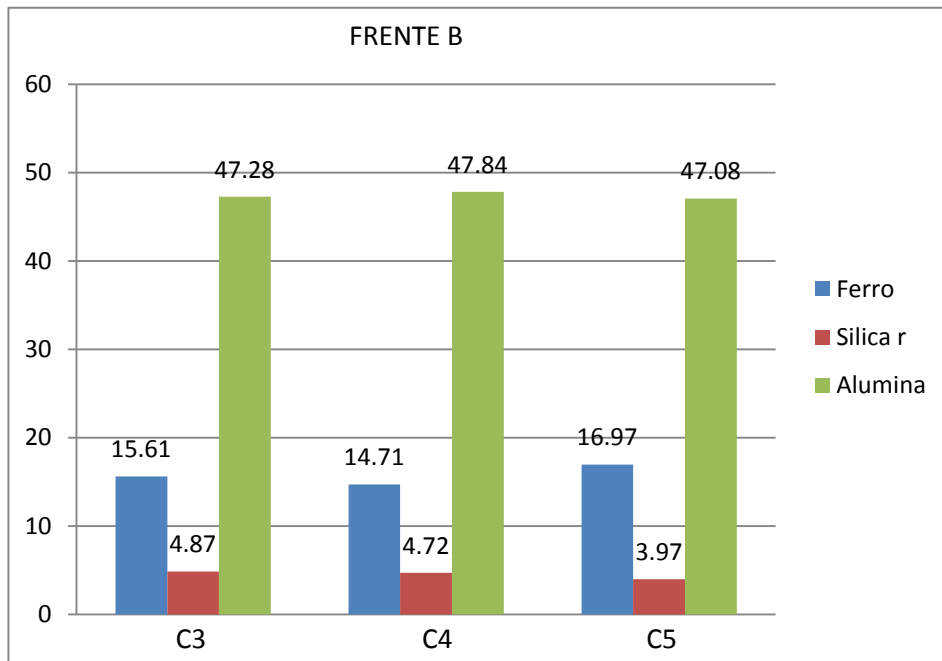
No Bloco 2B o perfil é muito semelhante ao bloco anterior, se dividindo em duas tipologias, bauxita maciça em blocos resistentes na porção superior e bauxita argilosa na porção inferior. Os resultados químicos apresentaram valores semelhantes com os resultados do bloco anterior. A Canaleta 4 se repete neste bloco devido à sequência lateral dos blocos. Para as taxas de recuperação na Canaleta 5 foi de 76,42% enquanto que na Canaleta 4 foi de 79,30%, valores considerados dentro dos limites aceitáveis.

O resultado das análises para Alumina aproveitável foi de 47,08% na Canaleta 5, valor abaixo do ideal e na Canaleta 4 o resultado foi de 47,84% estando dentro dos limites. Para Sílica reativa na Canaleta 5 as análises revelaram 3,97%, estando dentro dos limites aceitáveis e na Canaleta 4 foi de 4,72%, considerado acima do permitido. Para o Ferro 16,97% na Canaleta 5 e de 14,71% na Canaleta 4. O Bloco 1B de forma geral apresentou resultados bons no que diz respeito aos resultados químicos. Os valores para taxa de recuperação e ferro foram bastante satisfatórios, porém, o valor de alumina aproveitável na Canaleta 5 foi abaixo do esperado e na Canaleta 4 o resultado de Sílica reativa excedeu os limites referência. A espessura do bloco em relação ao bloco anterior permanece muito semelhante.

Representando os valores das compostas das canaletas em gráficos pode-se visualizar os teores de forma mais clara. Na FRENTE A os teores de Alumina variam de 45,11% a 48,97%, os valores de Silica reativa variam de 2,32% a 4,76% e os valores de Ferro de 13,94% a 15,51% (**Figura 16**). Na FRENTE B os teores de Alumina variam de 47,08% a 47,28%, Ferro 14,71% a 16,97% e Silica reativa de 3,97% a 4,87% (**Figura 17**).



**Figura 17:** Gráfico representativo das variações de teores de Alumina, Sílica reativa e Ferro das canaletas da FRENTE A.



**Figura 18:** Gráfico representativo das variações de teores de Alumina, Sílica reativa e Ferro das canaletas da FRENTE B.

## 6. CONCLUSÕES

No projeto de mineração de bauxita da mina ALCOA Juruti, a frente de lavra mais adequada em questão de qualidade de acordo com os parâmetros que a empresa almeja é a FRENTE B. Os teores de Alumina são os mais próximos de 47,5% e os teores de Ferro são todos abaixo de 20%. Apesar de os teores de Sílica reativa ultrapassarem os limites esperados, essa diferença pode ser facilmente corrigida na planta de beneficiamento através dos processos de *blending*. Outro ponto importante para favorecer a frente B, é a tipologia do minério encontrada nos blocos: bauxita maciça e bauxita argilosa. A bauxita argilosa possui a característica de ser friável, o que facilita a remoção do minério no momento da extração pelos tratores. E a bauxita maciça, que possui um perfil ligeiramente mais espesso que na FRENTE A, é a tipologia que apresenta os maiores valores de alumina e recuperação mássica.

Pode-se interpretar que os valores altos de sílica reativa são reflexos da tipologia bauxita argilosa, que contém presença de caulim, e nos processos de lavagem na planta de beneficiamento é mais dificilmente desintegrado do minério, aumentando desta forma os teores de Sílica reativa. Outro ponto que se pode considerar é a espessura do perfil, na FRENTE B maior que na FRENTE A, o que trará um maior volume de minério após o desmonte, além da ausência de bolsões lateríticos que são identificados pelo mapeamento. Tais bolsões não entram no modelo geológico e após a extração do bloco pode ocasionar o aumento dos teores de ferro, o que prejudica os processos na refinaria para obtenção do alumínio metálico.

Por outro lado, a FRENTE A possui os maiores teores de Alumina. Em se tratando de mercado, pode-se considerar que esta possui melhor qualidade, levando em consideração o ramo do negócio da empresa: a venda de matéria prima para obtenção do alumínio metálico. Partindo dessa premissa, quanto maior a quantidade de alumina no minério melhor para empresa, no entanto, o principal cliente exige que o produto possua 47,5% de Alumina, máximo de 20% de Ferro, e máximo de 4,1% de Sílica reativa.

Diante disto e tendo em mãos os resultados aqui apresentados, os blocos das frentes de lavra selecionados para o trabalho não possuem os valores ideais para empresa, e sim valores aproximados. No entanto, todos os blocos de ambas as frentes, estão dentro dos blocos de reserva. A propensão é de extrair todo o volume e a diferença de teores pode ser corrigida nos processos de blendagem na planta de beneficiamento, que nada mais é que, a

mistura para homogeneizar determinado material de boa qualidade e um material de qualidade inferior para correção das diferenças, e assim, chegar-se ao parâmetro médio para o produto final que a empresa almeja, aumentando desta forma, o volume de minério com os teores pretendidos e conseqüentemente o tempo de lavra da mina.

Através do mapeamento, podemos concluir o quão este é importante para identificação dos tipos de bauxita e fatores que podem prejudicar os teores planejados, uma vez que, bolsões de argila e bolsões lateríticos que se encontram no meio do bloco acabam não sendo inseridos no modelo geológico. Porém, com o mapeamento, os operadores dos tratores podem identifica-los, não os incorporando no volume de minério extraído, minimizando desta forma, as diferenças dos teores planejados com os teores do produto final pronto para o embarque.

## 7. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, FERNANDO P. *Relatório Final de Pesquisa de Bauxita – Município de Juruti – Estado do Pará. Processos*. Processos DNPM 850.010/91 e 850.011/91. SANDEL, 1996.

CARVALHO, A., BOULANGÉ, B. *The Bauxite of Juruti. In BRAZILIAN BAUXITES*, Edited by A. Carvalho, B. Boulangé, A. J.Melfi, Y Lucas. São Paulo: USP, FAPESP; p. 107-133, Paris: ORSTOM, 1997.

COSTA, M. G. F. *Fácies deposicionais e ambientes de sedimentação da Formação Monte Alegre (Neocarbonífero) na área de Autás Mirim e adjacências, Bacia do Médio Amazonas*. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco; Recife, 1984.

CORDANI, U. G.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; BASEI, M. A. S. *Crustal evolution of the South American Plataform*. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A., CAMPOS, D. A. (Ed.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 2000. p. 19-40. International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro.

CORDANI, U. G.; NEVES, B. B. B.; FUCK, R. A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F. M. B. *Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1984. 70 p., (Ciência Técnica Petróleo. Seção: Exploração de petróleo, n. 15).

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C. *Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 47-55., jan./mar. 1994.

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

FRANÇOLIN, J. B. L. *Bacias sedimentares brasileiras. Cartas estratigráficas. Anexo ao Boletim de geociências da Petrobrás*. Mai-Nov 2007.



FREYSSINET; P.H.; BUTT, C.R; MORRIS, C.R; P.PIANTONE. *Ore-Forming Processes Related to Lateritic Weathering*. Society of Economic Geologists, In: Economic Geology 100th Anniversary, v. 1 p. 681-712. Orléans, 2005.

GIRODO, A. C. *Validação das Pesquisas Mineraias Progressas da Reynolds Metals Company. (RMC) para os Recursos de Bauxita dos Platôs Mauari, Guaraná e Capiranga. Projeto Juruti, Município de Juruti, Estado do Pará, Brasil*. Senior Engenharia, Belo Horizonte, 2001.

GIRODO, A. C.; MARTINS P. C. P.; NUNES, N. Q.; LE, J. A.; SANTIM, A. W.; RODRIGUES, E. L.; PROENÇA, R. A.; REIS, A. O.; PINTO, L. C. N.; ARTHUSO, V.; VOLPE, M. C. G.; RHEIN, F. J.; PAES, M. A. P. *Plano de Aproveitamento Econômico, Projeto Juruti*. Omnia Minérios Ltda e Senior Engenharia, Juruti 2005.

MAIA, R.G.N., GODOY, H.K., YAMAGUTI, H.S., MOURA, P.A ., COSTA, F.S.F., HOLANDA. M.A., COSTA, J.A.. *Projeto Carvão no Alto Solimões, Relatório Final*. Manaus: DNPM/CPRM, v. 11, 1977

SANTOS, J.O.S., 1978. *Magmatismo Básico-Alcalino no Proterozoico Superior da Plataforma Amazônica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais, 3:1309-1322.

SANTOS, J.O.S; SOUZA M M. de; PRAZERES, W.V. & MOREIRA,A.S.. *Projeto Norte da Amazônia. Geologia da Folha AS. 20-Z*. Manaus: CPRM/DNPM. Relatório Final, 1974

SANTOS, J.O.S., NELSON, B.W., GEOVANNINI, C.A. *Os campos de dunas do Pantanal Setentrional*, Revista Ciência Hoje, São Paulo, v.16, p. 22-25, out.1993.

SOUZA, J.C., *Métodos de Lavra a Céu Aberto*. Apostila da disciplina métodos de lavra a céu aberto, UFPE, Recife-PE, 90 p. 2001

OLIVEITA, M. N. D. *Aproveitamento da Camada de Bauxita Nodular como Minério na Mina Alcoa, Juruti-Pa.* Trabalho de Conclusão de curso, Universidade Federal do Pará, Marabá-Pá. 2012.

## **GLOSSÁRIO**

**SÍLICA REATIVA:** Sílica contida na estrutura dos minerais que provoca reações químicas nos processos de refinaria para obtenção do alumínio metálico.

**ALUMINA APROVEITÁVEL:** Alumina presente no material após passar por todos os processos do laboratório físico e químico.

**REC:** Recuperação mássica, material restante após passar por processos físicos de britagem, peneiramento e lavagem.