INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Engenharia do Ambiente

Impactes socioambientais relacionados à exploração da bauxite

Caso de estudo da exploração da bauxite no município de Barcarena, no estado do Pará, região Norte do Brasil

Infamara Mané

Beja

2020

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior Agrária

Mestrado em Engenharia do Ambiente

Impactes socioambientais relacionados à exploração da bauxite

Caso de estudo da exploração da bauxite no município de Barcarena, no estado do Pará, região Norte do Brasil

Dissertação de Mestrado apresentada na Escola Superior Agrária de Instituto Politécnico de Beja

Elaborado por:

Infamara Mané

Orientado por:

Doutor João Márcio Palheta da Silva (UFPA-Brasil)

Doutora Mária de Fátima Nunes de Carvalho (IPBeja)

Doutora Anabela Cândida Ramalho Durão (IPBeja)

Beja

2020

Ao Sancum Mané, meu pai, que a paz de Deus esteja com ele

in memorian

AGRADECIMENTOS

Louvado seja Deus, Todo-Poderoso, Beneficente e Misericordioso, que em sua imensa majestade concedeu-me a vida e a saúde para alcançar esta etapa de grande importância do meu tempo vivido.

Agradeço especialmente a professora Fátima Nunes de Carvalho, pela generosidade e presencia permanente durante este ciclo académico. Assim como também agradeço a professora Anabela Durão pela pertinente contribuição no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Instituto Politécnico de Beja e a toda sua direção, em especial ao meu caro amigo Paulo Cavaco, eu deixo uma palavra de agradecimento por todo ambiente inspirador e pela oportunidade de concluir este curso.

Ao professor João Márcio Palheta pelo apoio incondicional prestado, presencia e incentivos que foram fundamentais para realizar e prosseguir este estudo no Brasil. Estendo ainda meus agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, aos colegas de estudo que aí fiz, nomeadamente Christien, Mauro e Cléo Ferreira.

À professora Marília Ferreira, Pró-Reitoria de Relações Internacionais da UFPA, pela excelente receção e gentiliza, eternamente grato pelo todo o apoio.

À Aline Souza, do Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas da UFPA, pelo apoio incondicional demonstrado durante a realização desse trabalho.

De modo especial também agradeço a minha mãe, Fatumata Camará, minha esposa, Sariatu Mané e o meu filho, Munzir Mané, minha querida tia, Sónia Polónio, meu tio, Mussa Mané, Aissa Regala, Alfredo Simão da Silva, Nelson Dias, Senghor, Hélder Mutna, Hans Queta, Cefo e Iussufo Djaló. Tais agradecimentos são extensivos às famílias da comunidade Gibrié de São Lourenço por terem permitido as visitas e entrevistas.

Índice

Introdução 1
2. Metodologia 3
3. Minas de bauxite: importância do minério para a indústria 4
3.1. Classificação da bauxite 6
3.2. Principais depósitos 7
3.3. Consumo mundial 9
3.4. Descrição da extração de bauxite e obtenção de Alumínio 13
3.4.1. Lavra 14
3.4.2. Técnicas da obtenção de Alumína 17
3.5. Impactes Ambientais 21
3.5.1. Conflitos ambientais de uso dos recursos naturais 22
3.5.2. Impactes resultantes da lavra 25
3.5.3. Impacte nos recursos hídricos resultante da extração 26
3.5.4. Poluição atmosférica e sonora 27
3.6. Lama vermelha 28
3.6.1. Métodos de deposição 31
3.6.2. Aplicações alternativas 32
3.7. Metodologia de mitigação de áreas mineradas 33
4. Processamento de bauxite em Barcarena 38
4.1. Contexto histórico 38
4.2. Descrição geral do projeto 41
4.3. Aspetos económicos 44
4.4. Impactes socioecónomicos da implementação do projeto Albrás/Alunorte 47
4.5. Responsabilidade social do projeto 58
5. Considerações finais 60
6. Bibliografia 63

Índice de figuras

Figura 1: Detalhe de amostras de bauxita 5
Figura 2: Reservas estimadas de bauxite em 2017 7
Figura 3: Desmatamento no Platô Monte Branco 14
Figura 4: Percurso de vida de uma jazida de bauxite 14
Figura 5: Perfil esquemático de camadas de solos 15
Figura 6: Lavra em tiras ou faixas de bauxite 16
Figura 7: Evolução cronológica dos métodos de produção de Al2O3 17
Figura 8: Fluxograma e Esquema do Processo Bayer 18
Figura 9: Al.....19
Figura 10: Cuba eletrolítica 20
Figura 11: Área de extração da bauxite em Paragominas 25
Figura 12: Barragem de rejeitos de bauxite da mineradora Hydro Alunorte 27
Figura 13: Lama vermelha na sede da Hydro Alunorte 28
Figura 14: Bacia da Hydro Alunorte – DRS2 30
Figura 15: Restauração das Florestas Tropicais Húmidas 33
Figura 16: Mapa de localização do município de Barcarena 42
Figura 17: Configuração Territorial da Área industrial de Barcarena – PA 43
Figura 18: Vista aérea da refinaria de Albrás 44
Figura 19: Mineroduto 52
Figura 20: Bacias da Alunorte, em Barcarena 53
Figura 21: Conflitos pelo uso do território na Amazônia mineral 54

Índice de tabelas

Tabela 1:Principais minerais constituintes da bauxite 4
Tabela 2: Ranking de reservas provadas de bauxite, em 2018 8
Tabela 3: Principais países produtores de bauxite 8
Tabela 4: Consumo de Al primário em milhões de t, em 2018 9
Tabela 5: Consumo mundial total de alumínio, incluindo Al reciclado, em 2017 10
Tabela 6: Principais sectores de utilização em de Al 2018 10
Tabela 7: Principais países exportadores de bauxite, 2018 11
Tabela 8: Principais países importadores de bauxite em 2018 12
Tabela 9: Produção em milhões de t bauxite em 2018 13
Tabela 10: Elementos encontrados na lama vermelha 29
Tabela 11: Aplicações dadas a lama vermelha 32
Tabela 12: Produção de Alumina-Hydro 45
Tabela 13: Extração da bauxite-Hydro, dados extraídos 46
Tabela 14: Produção de Alumínio-Hydro 46
Tabela 15: Linha do Tempo dos Impactes pela Hydro em Barcarena 57

Abreviaturas

ABAL .....Associação Brasileira do Alumínio
AIA .....Avaliação de Impacte Ambiental
Al_2O_3.....Alumina ou Oxido de alumínio
AlA ..... Alumínio
Albrás ..... Alumínio Brasileiro S.A
Alunorte .....Alumina do Norte do Brasil S.A
CBA .....Companhia Brasileira de Alumínio
CDI/PA .....Companhia de Distritos Industriais do Pará
CODEBAR ..... Companhia de Desenvolvimento de Barcarena
CVRD ..... Companhia Vale do Rio Doce
ESA.....Escola Superior Agrária
DRS .....Depósitos de Rejeitos Sólidos
IFCH .....Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
IPBeja ..... Instituto Politécnico de Beja
IOS..... Instituto Observatório Social
MAM .....Movimento pela Soberania Popular na Mineração
MRN .....Mineração Rio do Norte
NAEA .....Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
T.....tonelada
UFPA ..... Universidade Federal do Pará

RESUMO

A bauxite constitui uma das matérias-primas mais utilizadas na sociedade moderna. Trata-se da principal fonte de alumina e de alumínio e a sua extração está concentrada principalmente nos países de clima tropical e subtropical, entre os quais se destacam a Guiné, a Austrália, o Vietnam e o Brasil. O Brasil é a quarta maior reserva de bauxite do mundo, por isso se tornou espaço privilegiado de algumas empresas de mineração, em virtude da abundância de recursos, dos incentivos governamentais e da legislação ambiental menos rigorosa. Dentre as empresas atraídas para o Brasil, destaca-se a norueguesa Hydro, antiga Albrás-Alunorte, que desenvolve atividades de processamento de bauxite em Barcarena, no estado do Pará. Analisou-se no presente estudo, os impactes socioeconómicos e ambientais resultantes da atividade de mineração no Pará, com enfoque nos depoimentos dos residentes da comunidade Quilombola Gibrié de São Lourenço. Com essa análise conclui-se que a mineração tem ocasionado sérios impactes aos moradores da comunidade, sobretudo de ordem económica e ambiental, como a perda das suas bases de sobrevivência, a infertilidade do solo, a poluição da água por metais pesados, o barulho contínuo decorrente das embarcações que ali atracam e poeira com alta toxicidade. Todas essas transformações também têm provocado o deslocamento dessas famílias para outros locais, em razão da desestruturação dos seus modos de vida.

Palavras-chave: mineração, bauxite, impactes ambientais, medidas de mitigação, Barcarena.

Abstract

Bauxite is one of the most used raw materials in modern society. It is the main source of alumina and aluminum and its extraction is concentrated mainly in countries with tropical and subtropical climate, among which Guinea, Australia, Vietnam and Brazil stand out. Brazil is the fourth largest bauxite reserve in the world, so it has become a privileged space for some mining companies, due to the abundance of resources, government incentives and less stringent environmental legislation. Among the companies attracted to Brazil, the Norwegian Hydro, formerly Albrás-Alunorte, stands out, which develops bauxite processing activities in Barcarena, in the state of Pará. In this study, the socio-economic and environmental impacts resulting from the activity were analyzed mining in Pará, focusing on the testimonies of the residents of the quilombola Gibrié de São Lourenço community. With this analysis it can be concluded that mining has caused serious impacts to the residents of the community, especially of an economic and environmental nature, such as the loss of their survival bases, soil infertility, water pollution by heavy metals, continuous noise due to the vessels that dock there and dust with high toxicity. All these changes have also caused these families to move to other places, due to the disruption of their ways of life.

Keywords: mining, bauxite, environmental impacts, mitigation measures, Barcarena.

Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), da Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, e na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja (ESA-IPBeja), Portugal, sob a orientação do Professor Doutor João Márcio Palheta (IFCH) e coorientação da Professora Doutora Fátima Maria de Carvalho (IPBeja) e da Professora Doutora Anabela Cândida Ramalho Durão (IPBeja). Nela foram investigadas as consequências da mineração de bauxite e a posterior produção de alumina (Al_2O_3) e alumínio (Al) do complexo da refinaria da Alumina do Norte do Brasil S.A. (Alunorte), no município de Barcarena, no estado do Pará, situado na região Norte do Brasil, onde está localizada a maior reserva de bauxite do país, o que o coloca entre os maiores detentores de reservas de bauxite a nível mundial (IOS, 2008).

Conforme Lobo (1996), a exploração de bauxite no Pará teve início no contexto da crise do petróleo na década de 1970. Na altura, a crise energética enfrentada pelo Japão resultou na suspensão da produção de Al, no bloqueio da actividade das suas fábricas e na descapitalização das suas empresas. Este facto levou o governo japonês a não ter outra opção, senão procurar outro território detentor de bauxite de fácil acesso e com uma mão-de-obra mais acessível para produzir o Al necessário para sustentar o seu crescimento industrial pós-guerra (Lôbo, 1996).Foi nesse contexto que o governo brasileiro, interessado em acolher empresas mineiras na sequência das descobertas das reservas de bauxite de Trombetas, feitas pela Alcan, em 1960, possibilitou o projecto de extração com empresas japonesas, levando à criação do complexo da refinaria Alunorte em Barcarena, posteriormente designada como Hydro (Lobo, 1996). Embora a mineração seja uma atividade indispensável para a manutenção humana, sendo realizada desde tempos mais antigos, a modernização do processo de extração, transporte e refino de minérios gera situações de risco ambiental, social e econômico. Em virtude disso, exige planeamento cuidadoso que envolva toda a população próxima das áreas mineradas, de modo a minimizar a ocorrência de acidentes e de impactes negativos

A pertinência deste tema, resulta da problemática existente em torno da actividade de extracção de bauxite na Repúblicade da Guiné-Bissau, país de origem do canditato a mestre em Engenharia de Ambiente.

Em 2007, foi assinado um acordo entre a Repúblicade da Guiné-Bissau e a República de Angola para a exploração conjunta de bauxite em Gabú, localizado na zona leste do país, especificamente no sector Boé. Tal projeto era pilotado por uma empresa mineradora angolana, especializada na extração de bauxite. Consciente dos impactes ambientais e sociais que tais atividades são susceptíveis de causar nas regiões onde são executadas, sempre que realizadas sem o cumprimento de critérios técnicos baseados na legislação ambiental e mineira, o interesse em compreender bem esta problemática funcionou como motivador para realização da presente dissertação, com a finalidade de perceber os impactes ambientais e sociais gerados por esta atividade nas regiões onde já se realiza a extracção e processamento de bauxite.

Nesta perspetiva, o estado do Pará, por se encontrar numa fase muito avançada, permitiu não só analisar a transformação do produto advindo da bauxite (Al_2O_3 e Al), mas também analisar melhor os impactes causados pela sua extração e processamento e as diferentes territorialidades que direta e indiretamente são afetadas por essa exploração.

A presente dissertação tem como objetivo principal analisar o processo da transformação de bauxite e seus impactes sobre a população local. Para atingir este objetivo foi necessário:

i. caracterizar em termos gerais o substrato geológico, a disposição, a utilidade, os processos de extração e as técnicas existentes de obtenção de Al;
ii. idendificar os principais impactes gerados durante a fase de conceção/operação do projecto e desativação da mina (pelas empresas mineradoras) sobre a população local e seus respectivos ambientesassim como, a medidas para mitigar os efeitos da exploração da bauxite;
iii. apresentar os impactes sociais e ambientais da mineração de bauxite no Pará, em especial sobre os moradores da comunidade quilombola Gibrié de São Lourenço. Para o efeito foram realizadas entrevistas aos líderes da comunidade e membros do Movimento pela Soberania Popular na Mineração (MAM), concentrando-se na implantação do projecto e impactes resultantes das actividade produtivas de Al_2O_3 na refinaria da Alunorte em Barcarena.

2. Metodologia

O trabalho de pesquisa aqui apresentado, teve dois pontos fundamentais para sua elaboração final, sendo o primeiro no IPBeja, que se constituiu como a base de estudos e pesquisas para análise do papel das atividades mineradoras, especialmente a bauxite. O segundo, o trabalho de campo realizado no Brasil, no estado do Pará e a contínuação da revisão de literatura (pesquisa bibliográfica e documental). O estudo foi focalizado na Comunidade quilombola Gibrié de São Lourenço, no município de Barcarena, onde é realizado o processamento de bauxite em Al_2O_3 e seus derivados.

Para o efeito fez-se observação direta e participativa, com a realização de entrevistas. A adoção deste método permite acesso a informações que só podem ser captadas por meio da experiência pessoal, além de ser uma forma dos investigados apresentarem suas interpretações qualitativas acerca dos processos históricos vivenciados (Portelli, 2001). Para melhor entender e analisar as relações entre comunidade e empresa de mineração, preliminarmente, recorremos a estudos que analisaram a questão mineral na Amazônia paraense, tendo sido realizado levantamento bibliográfico no Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) e ainda o acesso às informações como os relatórios da Hydro, disponíveis no website da empresa. A partir das consultas realizadas nas obras pesquisadas e dos contatos preestabelecidos com as comunidades locais, foi realizado trabalho de campo, no qual foram realizadas entrevistas estruturadas aos moradores da comunidade. Para análise dos dados obtidos através das entrevistas no decurso da visita, foram feitas transcrições, utilizando a análise qualitativa de seus conteúdos.

Não foi possível quantificar os impactes e os efeitos das actividade do processamento de bauxite sobre a população local em razão de dois fatores: primeiramente, as restrições em termos de acessibilidade das instalações de Hydro e a dificuldade de acesso a documentos da empresa que abordam esse assunto, e, em segundo lugar, por falta de materiais para a realização de avaliações ecológicas acerca da qualidade da água, do solo, do ar e da paisagem. Em consequência do exposto, os impactes aqui citados expressam-se através das intervenções proferidas durante o encontro por moradores da comunidade Gibrié de São Lourenço e membros do MAM.

3. Minas de bauxite: importância do minério para a indústria

A bauxite é uma mistura natural de Al_2O_3, antes considerada um mineral (King, 2017), tendo como principais componentes minerais (Tabela 1): a gibbsita $Al(OH)_3$, e os oxí-hidróxidos de Al (boehmita γ-AlOOH e diásporo α-AlOOH), podendo ainda conter oxí-hidróxidos de ferro (goethita e hematita), pequenas quantidades de anatase (uma das três formas de TiO_2), de caulinita, argila mineral, além de fragmentos de rocha inalterada (Antoniassi, 2010).

Conforme Martins dos Santos (2011), a gibssita é o verdadeiro $Al(OH)_3$ enquanto a boehmita e o diásporo são ambos óxido-hidróxidos de Al. A principal difrença entre os dois últimos é o que o diásporo tem uma estrutura cristalina diferentes da boehmita e requer altas temperaturas para a sua desidratção.

Tabela 1:Principais minerais constituintes da bauxite (Santos W. M., 2011)

	Gibbsita	**Boehmita**	**Diásporo**
Fórmula Química	$Al(OH)_3$	γ-AlOOH	α-AlO(OH)
Sistema Cristalino	Monoclínico	Ortorrômbico	Ortorrômbico
Dureza	2,3 -. 3,5	3,5 – 5,0	6,5 – 7,0
Peso Específico (g/cm^3)	2,3 – 2,4	3,01 – 3,06	3,3 – 3,5
Temp. Desidratação (ºC)	150	350	450

Em função da maior ou menor quantidade de óxidos que contém, a cor da bauxite varia do esbranquiçada a vermelha, podendo ir também de amarelo a cinzenta (Figura 1) e origina-se pela alteração de rochas cristalinas ricas em silicato, ou ainda de resíduos de rochas calcárias argilosas modificadas (ABAL, 2009).

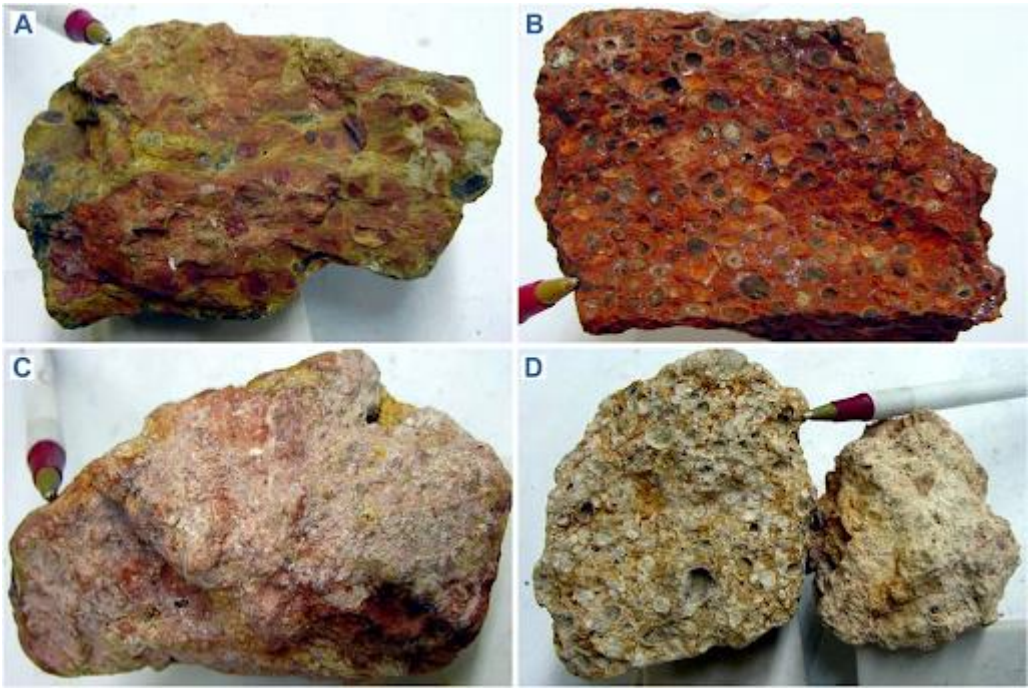


Figura 1: Detalhe de amostras de bauxita, tipo de rocha rica em Al e que pode se apresentar com diferentes aspectos texturais : A: bauxite de cor avermelha solida com nódulos de Fe; B: bauxite vermelha vesicular; C: bauxite maciça cinzento-rosada; D: bauxite vesicular e nodular castanha (Victoria, 2018)

As primeiras ocorrências de bauxite foram detetadas em 1821, por Pierre Berthier, em *Les Baux*, no Sul da França, onde o material é normalmente encontrado em associação com calcários e dolomitos, juntamente com argilas vermelhas denominadas terra rossa (MRN, 2012). Desde então, numerosos e extensos depósitos de bauxite foram localizados em várias partes do mundo.

O seu desconhecimento ao longo do tempo deve-se ao fato de que, ao contrário de outros elementos metálicos como o cobre (Cu) ou Fe, ele não ocorre naturalmente em sua forma metálica, existindo sempre em combinação com outros elementos, principalmente o oxigénio (O), com o qual forma um óxido extremamente duro, conhecido como Al_2O_3 (Mártires, 2001).

A bauxite é o material do qual se obtém o Al, o terceiro elemento em maior abundância na crosta terrestre, depois do O e Si. Para que a produção de Al seja economicamente viável, a bauxite deve apresentar no mínimo 30% de Al_2O_3 aproveitável (ABAL, 2017).

3.1. Classificação da bauxite

As bauxites são bastante singulares no que concerne a diversidade, características, composição e modo de ocorrência, por isso desde o início dos estudos, a sua classificação tem sido preocupação constante entre os especialistas (Carvalho, 1989). Vários foram os critérios adotados isoladamente ou em conjunto pelos especialistas na sua classificação, entre os quais aqueles baseados na composição química e mineralógica, génese, características geomorfológicas e geotécnicas, natureza do substrato, entretanto, estes sistemas de classificação apresentam controvérsias devido à heterogeneidade composicional e mineralógica das bauxites (Santos W. M., 2011).

Conforme destacado por Santos W. M. (2011) e Carvalho (1989), a classificação actualmente mais utilizada é a baseada na petrografia da rocha-mãe que influencia fortemente não só a composição e rocha-mãe da bauxite, bem como a forma do depósito.

Neste trabalho, foi aplicada a classificação utilizada por Tardy, Boeglin , Novikoff, & Roquin (*apud* Fonseca, 2019), pois além de ser tradicional, posssuí uma aplicação global para todos os depósitos:

i. **Protobauxites:** são ricos em gibbsita, considerados como um tipo de solo sensível a bauxitização (o processo de transformação de rochas que gradualmente adquirem características bauxíticas). Gibbsita, goethita e hematita são dominantes e caulinita e quartzo menos abundantes;
ii. **Ortobauxites:** são essencialmente formadas por gibbsita, não possuem nódulos, concreções ou pisólitos. Ocorrem em algumas ocasiões em contato com rochas inalteradas e conservam estruturas da rocha mãe;
iii. **Criptobauxites:** ocorrem intercaladas por caulinita ou em locais em que a gibbsita se forma a partir de antigos ferricretes. São formadas por processos indiretos químicos e/ou biológicos, como os gerados por térmitas (cupins);
iv. **Metabauxites:** horizontes que apresentam bohemita e estrutura pisolítica. São caracterizados pela deferruginação no topo e ferruginação na base do perfil.

3.2. Principais depósitos

Estando presente em todos continentes (Figura 2), sobretudo em regiões tropicais e subtropicais, a condição essencial à sua formação é uma temperatura média anual acima de 20º C, alternada com as estações seca e húmida que favorecem o processo natural de lixiviação (ABAL, 2009). A bauxite ocorre em três principais tipos de climas: tropical (57%), mediterrâneo (33%) e subtropical (10%), sendo que a grande parte das reservas mundiais se encontra localizada em regiões tropicais e subtropicais (Durand, 2002). Sendo assim, a África contém as maiores reservas mundiais de bauxite (32%), a Oceânia ocupa o segundo lugar (23%), seguidos da América do Sul e Caribe (21%), da Ásia (18%) e o restante do mundo (6%) (King, 2017).

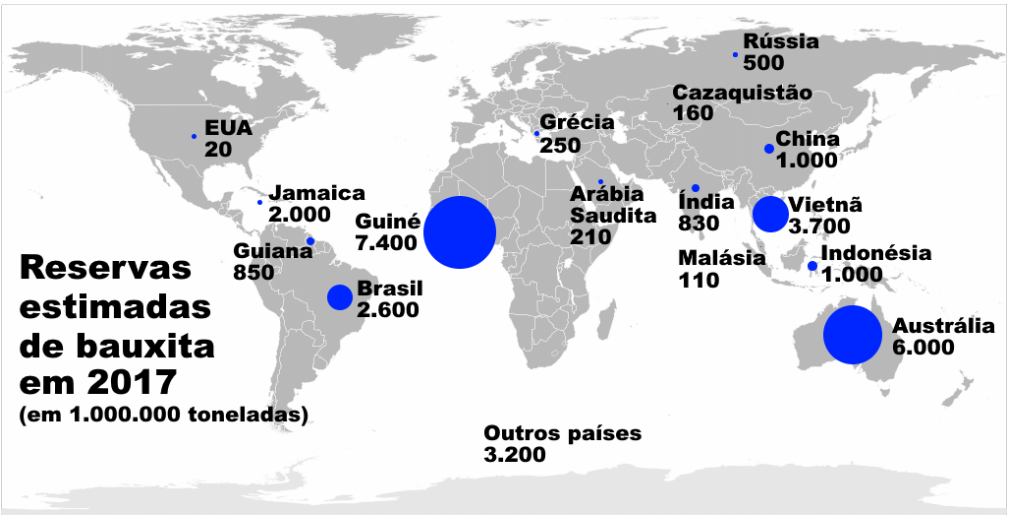
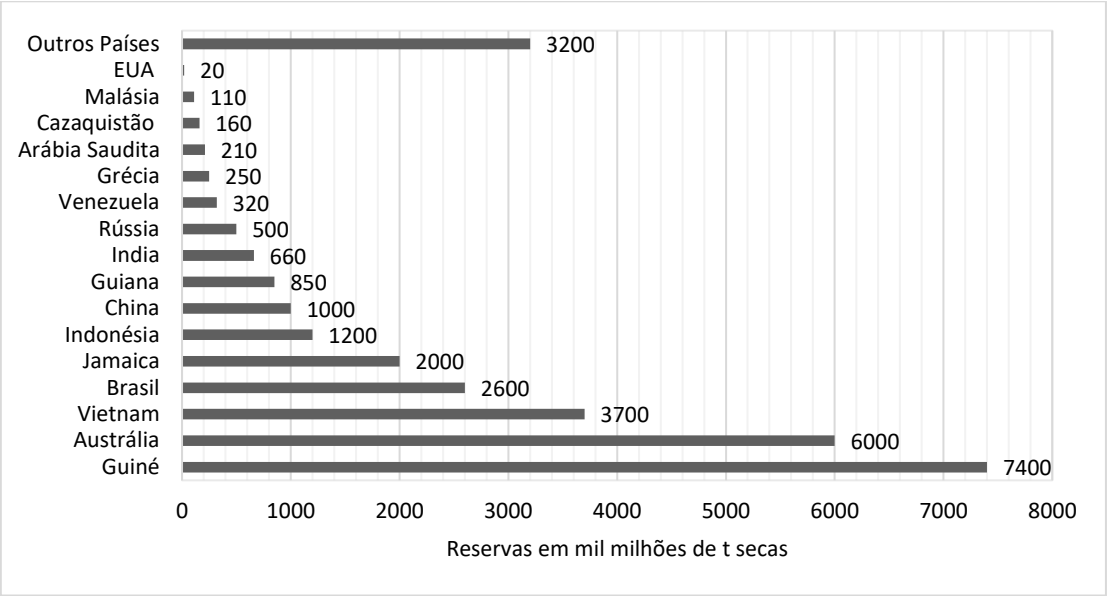


Figura 2: Reservas estimadas de bauxite em 2017 (Notas Geo, 2018)

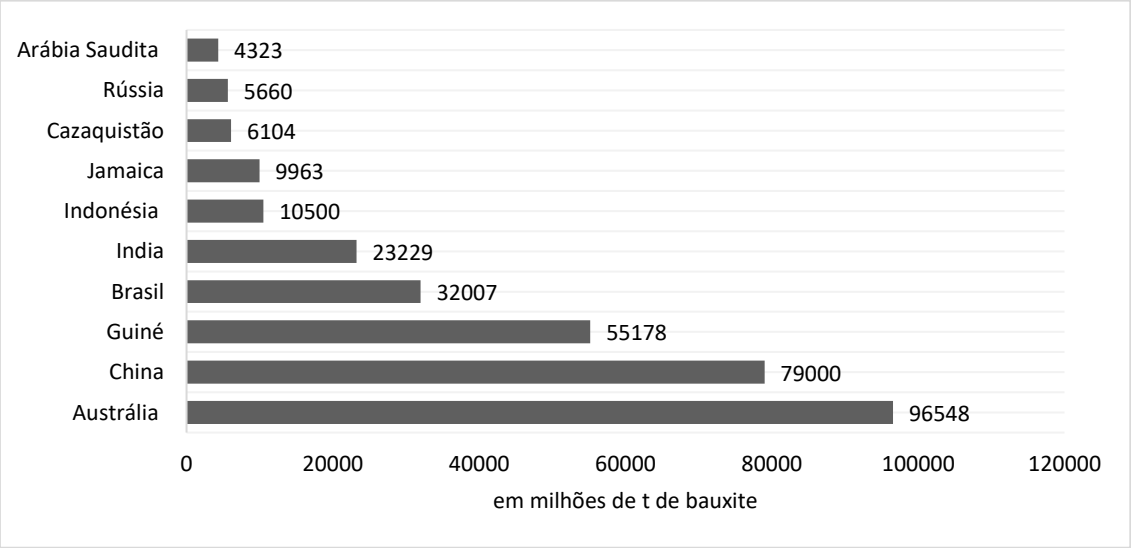
Conforme Statista Inc (2019), estima-se que as reservas mundiais de bauxite possam ser da ordem de 40 a 75 mil milhões de t (toneladas), se incluirmos, porém, os recursos de bauxite ainda por serem descobertos. As descobertas são de cerca de 40 mil milhões de t, das quais cerca de um décimo está localizado em Outros Países, nos quais se incluem a França e a Itália, que não estão representadas (Tabela 2). A Grécia é o único país europeu representado neste ranking, o que não é surpreendente, dado que a bauxite é geralmente encontrada em climas mais quentes (Statista Inc, 2019).

Tabela 2: Ranking de reservas provadas de bauxite, em 2018 (World Bank, 2018)



A Guiné dispõe da maior reserva de bauxite do mundo, com um total de 7,4 mil milhões de t (Tabela 2), ultrapassando a Austrália (maior produtor da bauxite), Vietnam e o Brasil, cujas reservas são de aproximadamente 6 mil milhões, 3,7 mil milhões e 3 mil milhões de t, respectivamente. Conquanto, diferente da reserva que um país detém, a produção de bauxite consiste em extração e consequentemente no processamento do material. A título de exemplo, Guiné, com a maior a reserva, é o terceiro produtor porque não dispõe de refinarias até o momento, sendo as rochas enviadas para as refinarias da Ucrânia, e uma parte da mina é detida pelas empresas estrangeiras (Nicholas, 2017).

Tabela 3: Principais países produtores de bauxite (World Bank, 2018)

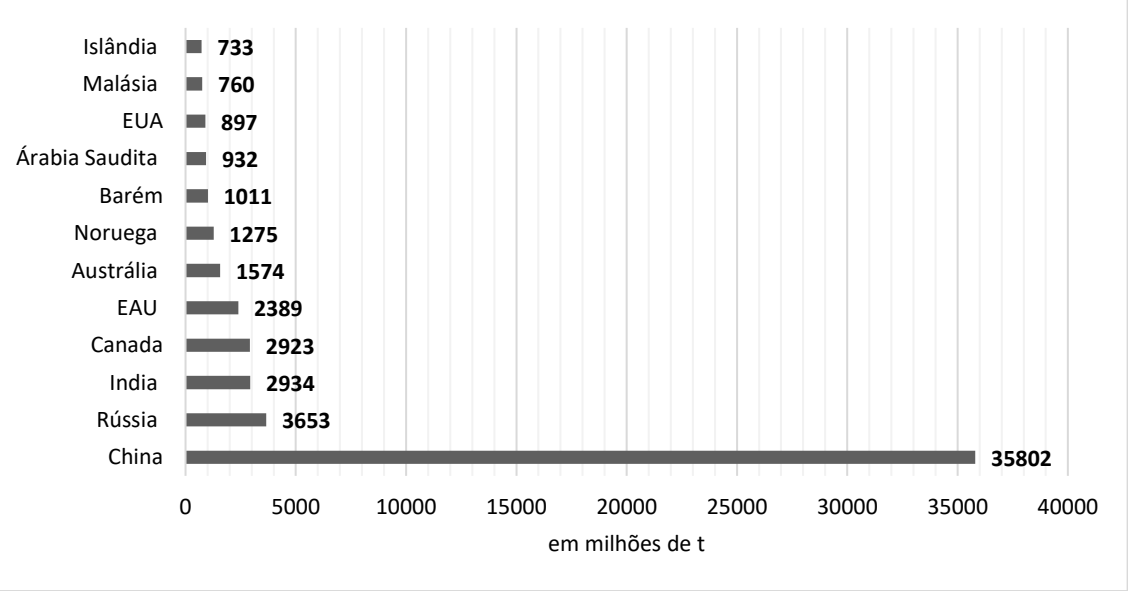


A Tabela 3 representa uma lista de países por produção de bauxite em 2018, baseada principalmente em dados do Banco Mundial, a produção mundial atingiu 338,677 milhões de t de bauxite e a produção da União Europeia (principalmente na Grécia) foi de 1,929 milhões de t (World Bank, 2018). Assim, como pode ser observado, a Austrália é o maior produtor com cerca de 15% por ano e a China aparece em segundo lugar com 6%, seguidos por Guiné 5%, Brasil 4% e Índia 3%.

3.3. Consumo mundial

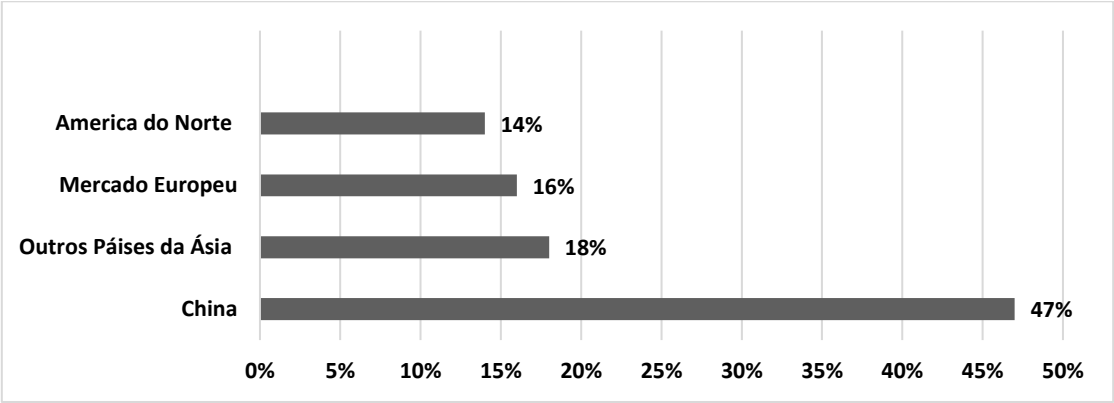
Dadas as suas propriedades físico-químicas, o Al é considerado o metal não-ferroso de maior importância industrial (Santos W. M., 2011). O seu consumo primário no mercado mundial em 2018 (Tabela 4), foi de 62 719 milhões de t, e dos quais 2123 milhões t da União Europeia (France Chimie, 2018).

Tabela 4: Consumo de Al primário em milhões de t, em 2018 (World Bank, 2018)



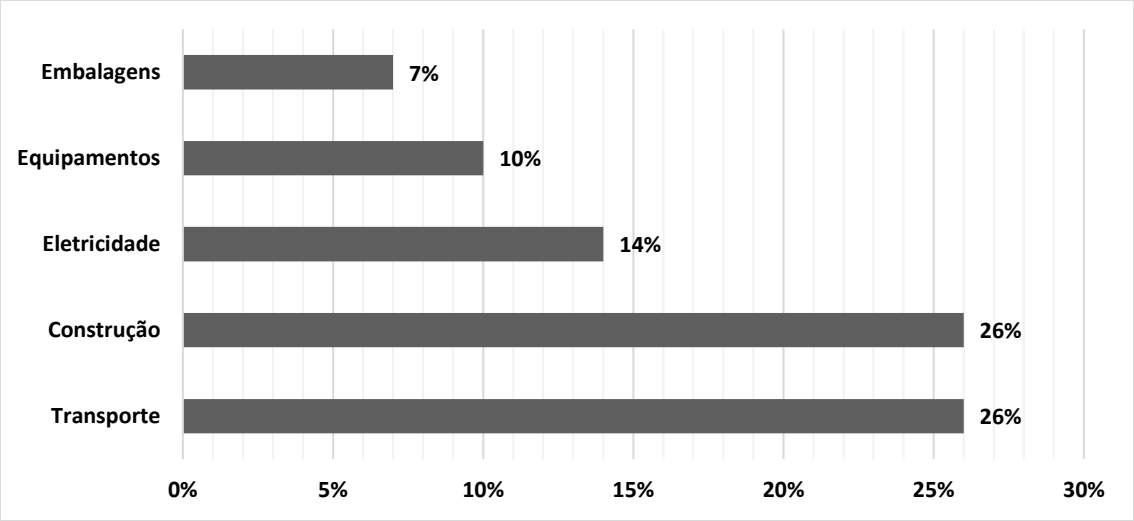
Conforme World Bank (2018), o consumo global total de Al, incluindo o reciclado, em 2017 foi de 87,5 milhões de t, com uma importância considerável do consumo por parte dos países representados na Tabela 5.

Tabela 5: Consumo mundial total de alumínio, incluindo Al reciclado, em 2017 (World Bank, 2018)



Conforme Lôbo (1996), esse consumo é destinado à produção de uma vasta gama de produtos e está presente em diversas instalações industriais, como insumo básico ou na composição de máquinas e equipamentos (Tabela 6). O aquecimento económico mundial gera, por conseguinte, uma elevação no consumo do metal em suas diferentes formas e segmentos. Segundo World Bank (2018), em 2017, os maiores setores de utilização foram:

Tabela 6: Principais sectores de utilização de Al 2018 (World Bank, 2018)

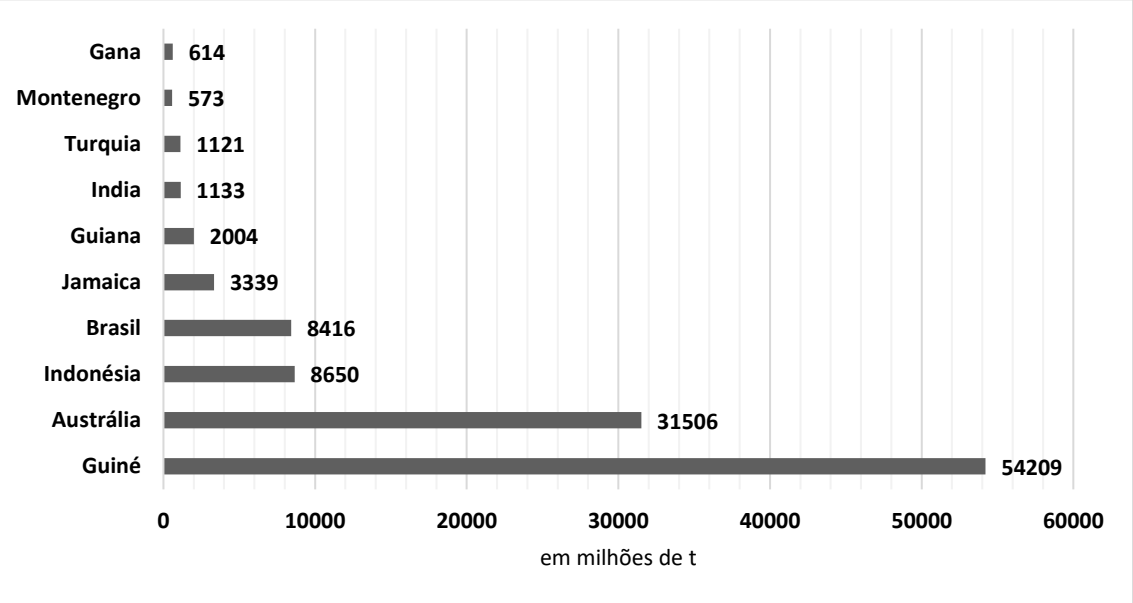


Conforme World Bank (2018), concorre com os plásticos e materiais compósitos, mas tem tendência a substituir o aço e o Fe fundido nas indústrias de automóvel e da construção, bem como o Cu na engenharia elétrica: 1 kg de Al proporciona as mesmas funções elétricas que 2 kg de Cu.

Atualmente, graças às várias inovações desenvolvidas as aplicações do Al, são as mais diversas, nomeadamente no que diz respeito a combustível sólido para foguetes, na produção de explosivos e no revestimento de espelhos telescópicos, podendo também ser usado em processos aluminotérmicos, com vista à obtenção de metais como o estanho (Cardoso J. R., Carvalho , Fonseca, Silva , & Rocio, 2011)

Na vertente das exportações, como apresentada na Tabela 7, para o mercado internacional por país, em 2018, verificou-se uma exportação de 113,074 milhões de t de bauxite, repartida da seguinte forma:

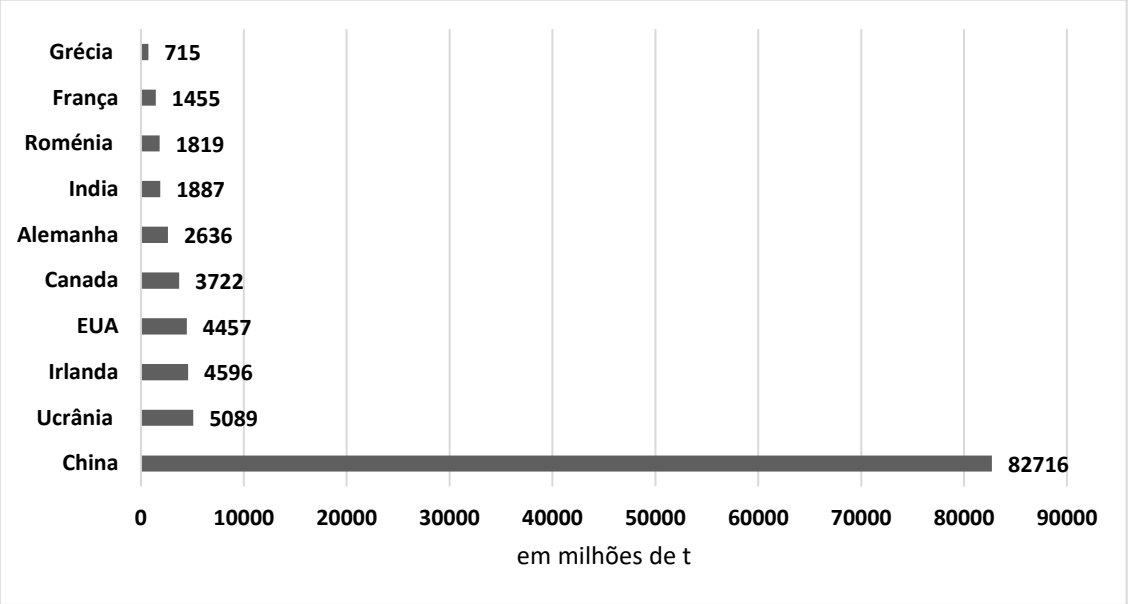
Tabela 7: Principais países exportadores de bauxite, 2018 (World Bank, 2018)



De acordo com France Chime (2018), em 2013, a Indonésia que foi o segundo maior produtor mundial, com 55,7 milhões de t exportadas quase exclusivamente para a China, registou uma redução da sua produção para 2,6 milhões de t em 2014, devido à proibição de exportação de bauxite, a fim de desenvolver o seu setor industrial e, em particular, o processamento *in situ* de bauxite. Consequentemente, as suas exportações caíram em 2014 para 2,1 milhões de t e tornaram-se insignificantes em 2015. A cessação das exportações Indonésias levou a um aumento considerável da produção e das exportações da Malásia, com 27,9 milhões de t em 2015, 99% das quais se destinaram à China. A partir de 2017, a Guiné encarregou-se a abastecer a China.

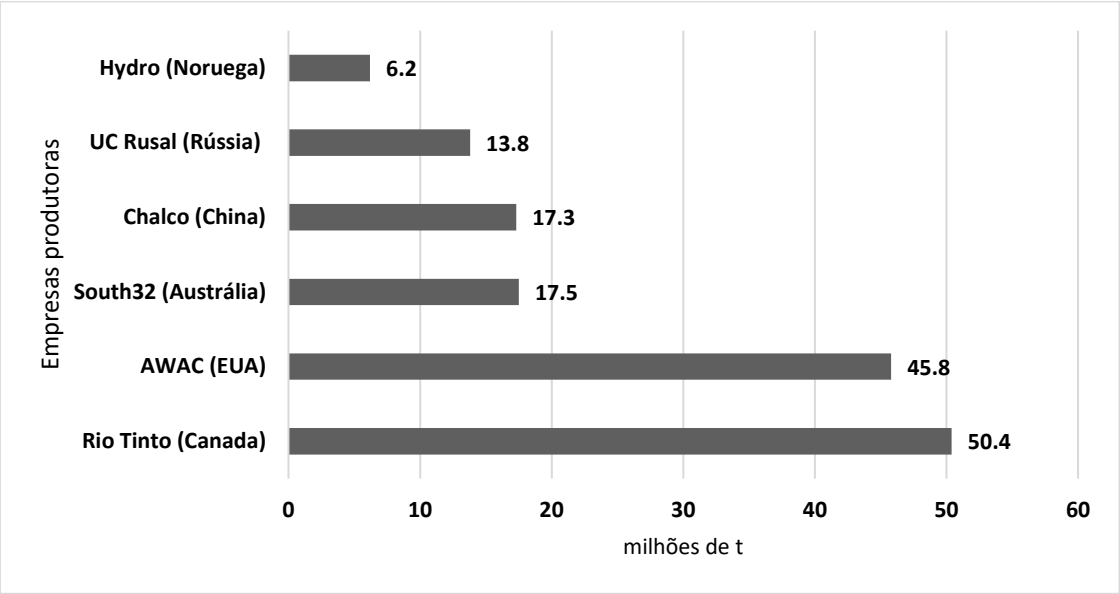
Quanto às importações em 2018, foram de 111,665 milhões de t, destinadas principalmente aos países representados na Tabela 8. Em 2018, 46% das importações da China vieram da Guiné, 36% da Austrália, 9% da Malásia, o que tornou a China o maior consumidor de bauxite naquele ano (France Chimie, 2018).

Tabela 8: Principais países importadores de bauxite em 2018 (World Bank, 2018)



Quanto ao comércio internacional, realiza-se com as grandes produtoras de Al por meio de contratos de longo prazo, assegurando o fornecimento do material e os preços. Atualmente, as principais empresas de mineração envolvidas nas suas atividades de extração e de processamento industrial para fins económicos, são apresentadas na Tabela 9 (World Bank, 2018):

Tabela 9: Produção em milhões de t bauxite em 2018 (World Bank, 2018)



3.4. Descrição da extração de bauxite e obtenção de Alumínio

Estudos realizados por Suarez (2012) apontam que a bauxite é coberta por uma camada de vários metros de rochas e argila, a qual tem de ser removida para que a bauxite possa ser extraída. Entretanto, a sua mineração requer inicialmente a remoção da terra fértil juntamente com a vegetação que estiverem sobre a jazida para que esse material posteriormente colabore para a recomposição do terreno. Em seguida, faz-se a delimitação da área (Figura 3), recomendável antes do início dos estudos de viabilidade económica. Esses estudos são necessários para que sejam traçadas estratégias de processamento de minério além da garantia de que a jazida terá vida útil elevada (Suarez, 2012).

Figura 3: Desmatamento no Platô Monte Branco (Comissão Pró-Índio de São Paulo, 2016)

Ainda conforme esse autor, por outro lado, antes do início da mineração, a terra precisa ser limpa de madeira e vegetação e, em seguida, o solo superior removido é armazenado para substituição durante a reabilitação. Tais processos de mineração de bauxite utilizados na atualidade são planeados de modo a racionalizar a operação de lavra e minimizar os impactes ambientais decorrentes das suas atividades.

3.4.1. Lavra

O ciclo de vida de uma jazida de bauxite é ilustrado na Figura 4. Durante todas as etapas, deve-se ter a preocupação de conciliar o aproveitamento económico com as exigências legais e ambientais (ABAL, 2009).

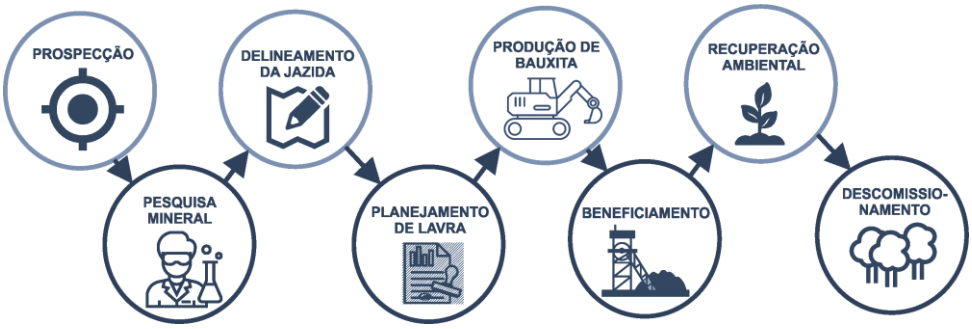


Figura 4: Percurso de vida de uma jazida de bauxite (ABAL, 2009)

Da etapa de prospeção até a produção ocorrem uma série de atividades. Elas são descritas por Fonseca (2019) e aqui apresentadas resumidamente como:

i. estágio de reconhecimento (Ex: avaliação do mapeamento geológico e geofísico regional);
ii. estágio de prospeção preliminar (Ex: mapeamento geológico detalhado, coleta de amostras, petrografia de rochas, análises geoquímicas, estudos geoestatísticos e levantamentos geofísicos terrestres);
iii. estágio de prospeção detalhada (Ex: mapeamento detalhado da mineralização, estudos hidrogeológicos, determinação do teor de partículas desejáveis e indesejáveis e instalação de trincheiras).

A área onde se pretende fazer a extração é coberta pela vegetação típica do bioma onde está localizado o solo orgânico e abaixo desse solo encontra-se os estéreis, que são rochas mineralizadas com pouco ou nenhum mineral útil e, portanto, sem interesse económico (Carvalho, 1989). Essa camada pode ter cerca de 20 cm ou até cerca de 8 metros em média, como ocorre em algumas lavras no Brasil dependendo fortemente da formação geológica e também da espessura do corpo do minério (ABAL, 2017).

De acordo com Fonseca (2019), as jazidas de bauxite são encontradas geralmente em quatro tipos de posicionamento distintos de depósitos: camadas tabulares superficiais, bolsões (depósito subterrâneo), entre camadas de solos e/ou rochas (Figura 5) e depósitos de detritos (alóctone).

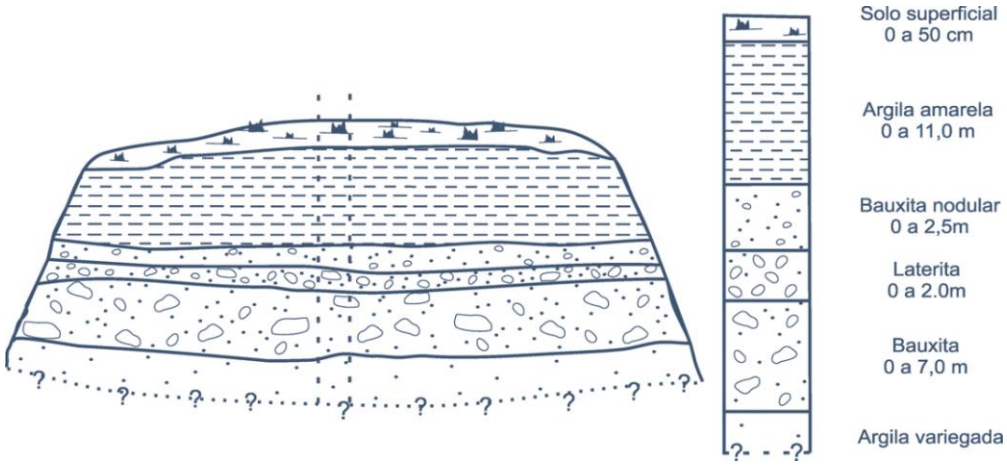


Figura 5: Perfil esquemático de camadas de solos com horizontes de bauxite entre intercalados a horizontes argilosos e lateríticos (Fonseca , 2019)

A camada de bauxite abaixo dos estéreis é então removida com o uso de equipamentos pesados para ser carregada em vagões, caminhões ou correias alimentadoras para serem processadas nos equipamentos de moagem e lavagem.

Em relação aos métodos de lavra, vale destacar que variam de acordo com a natureza dos corpos mineralizados das jazidas. Na sua maioria, são lavrados a céu aberto, usando o método por tiras (strip mining) e, de acordo com Silva K. S. (2011), esse processo compreende 5 etapas de operações sequencias que incluem:

i. preparação e limpeza da área, incluindo, se necessário, a remoção da camada estéril. O solo superficial é armazenado e depois utilizado para reconstituir a área lavrada;
ii. abertura da mina, incluindo a remoção da camada de argila que cobre a bauxite;
iii. escavação para a remoção da bauxite da mina e seu transporte, em grandes caminhões, para a área de britagem;
iv. recomposição da área lavrada, com a reposição do solo removido.
v. reflorestamento, com plantio de espécies nativas.

Conforme destacado por Fonseca (2019), menos de 20% da produção de bauxite no mundo é obtida por métodos de lavra subterrânea. O nível de mecanização na lavra é diversificado, dispondo-se desde a lavra manual até os métodos modernos com diversos tipos de equipamentos de mineração. A rocha mineralizada é escavada em forma de blocos retangulares (tiras) paralelos e adjacentes (Figura 6). As tiras são retiradas sequencialmente por equipamentos e/ou explosivos e depositadas na tira lavrada anteriormente (ABAL, 2009).

Figura 6: Lavra em tiras ou faixas de bauxite (ABAL, 2009)

3.4.2. Técnicas da obtenção de Alumína

Ao contrário dos metais comuns, a bauxite não requer um processamento complexo, uma vez que a maior parte da bauxite extraída é de qualidade aceitável. Além disso, a qualidade do minério poderá ser melhorada através de processos relativamente simples e baratos para a remoção de argila, nomeadamente a lavagem, peneiração húmida e triagem mecânica ou manual.

Foram utilizadas muitas técnicas para processar bauxite com vista à obtenção de Al (Figura 7) entre 1855 e 1888, das quais se destacam os processos de Le Chatelier (1855), Bayer (1888) e Hall-Heroult (1886). Atualmente, a técnica mais utilizada e mais conhecida no mercado internacional é o processo Bayer, o qual será a seguir explicado de forma detalhada (Ernesto, Cristina & Motta, 2006).

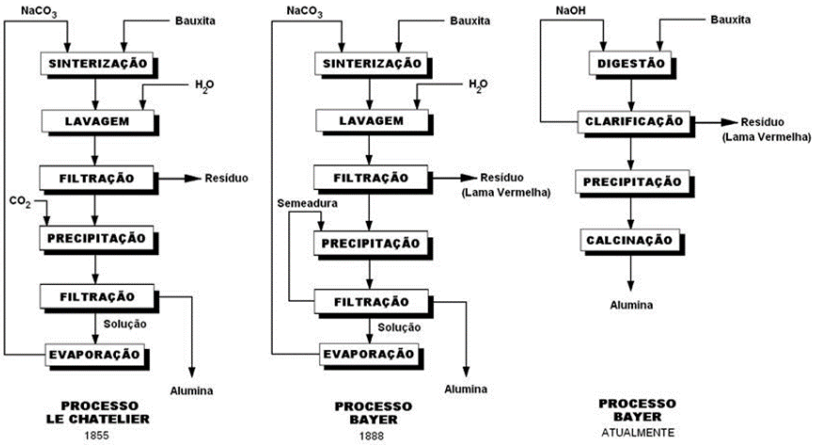


Figura 7: Evolução cronológica e esquemas dos métodos de produção de Al_2O_3 (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006)

O processo Bayer é utilizado para refinar (Figura 8) a bauxite com vista à produção de Al_2O_3. Anteriormente ao surgimento do processo Bayer, o processamento era realizado através do processo Le Chatelier, desenvolvido cerca de 30 anos antes por Louis Le Chatelier (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006). O processo Le Chatelier, consiste essencialmente no aquecimento da bauxite com carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 1200°C, remoção dos aluminatos formados com H_2O, precipitação do $Al(OH)_3$ através da ação do CO_2 e, finalmente, o $Al(OH)_3$ formado é filtrado, seco e limpo (Sampaio, Andrade ,

& Dutra, 2008). O processo Le Chatelier foi substituído pelo processo Bayer devido à drástica redução no custo de produção da Al_2O_3 que este proporcionou (ABAL, 2009).

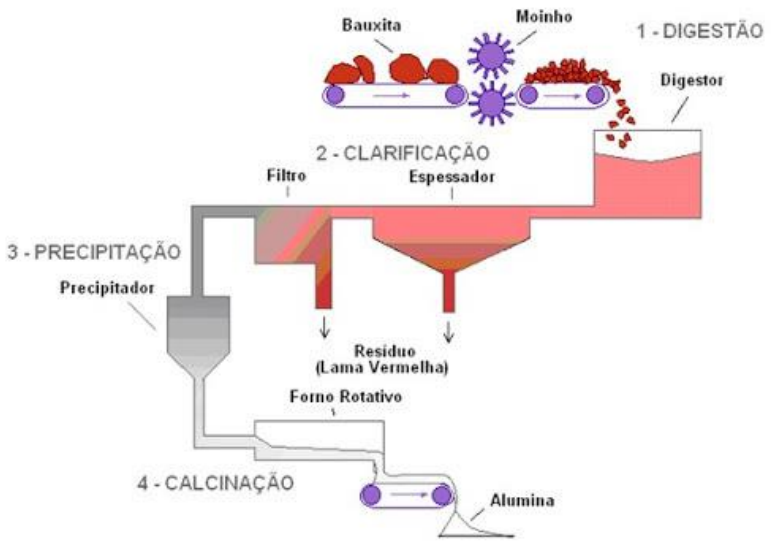


Figura 8: Fluxograma e Esquema do Processo Bayer (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006)

O processo Bayer é utilizado até hoje praticamente sem mudanças significativas. É um processo composto basicamente por quatro etapas principais, nomeadamente, digestão da bauxite, clarificação, precipitação e calcinação, onde é formada a Al_2O_3 (Resende, 2012).

A primeira etapa, digestão, envolve um processo de moagem de bauxite, de seguida a bauxite é preparada pela digestão propriamente dita, utilizando uma solução de NaOH (Equação 1a, 1b), concentrada sob temperatura e pressão. Conforme Resende (2012), nessas condições, as espécies contendo Al são dissolvidas, formando uma solução de coloração verde.

$$\mathbf{Al(OH)_{3(s)} + NaOH^-_{(aq)} \rightarrow NaAl(OH)_{4(aq)} \quad (1a)}$$

Gibbsista

$$\mathbf{AlOOH_{(s)} + H_2O + NaOH^-_{(aq)} \rightarrow NaAl(OH)_{4(aq)} \quad (1b)}$$

Boehmita e Diásporo

Ainda conforme esse autor, assim que a fase de digestão estiver concluída, o extrato é então sujeito à fase de clarificação, em que o licor rico em Al é separado dos sólidos

insolúveis por sedimentação, e em seguida são recolhidos e transferidos os sólidos para tanques onde são lavados para a recuperação da soda cáustica (NaOH), que é reutilizada no processo de digestão. Após a lavagem, os resíduos, compostos de óxidos metálicos, são evacuados para áreas de eliminação fora da indústria, a que depois se chama de lama vermelha. Após a separação, o licor rico em Al é levado para tanques de cristalização e, ao longo de vários dias, a H_2O é retirada por aquecimento brando e o Al é precipitado sob a forma de $Al(OH)_3$. O processo de precipitação é acelerado com a adição de partículas de Al_2O_3 pura que facilitam o processo de cristalização (Equação 2) (Resende, 2012).

$$\mathbf{NaAl(OH)_{4(aq)} \rightarrow Al(OH)_{3(S)} + NaOH_{(aq)} \quad (2)}$$

Uma vez cristalizado completamente, o $Al(OH)_3$ é calcinado a alta temperatura (>1100ºC) para remover a H_2O (Equação 3), obtendo-se um pó branco fino (Figura 9), o que resulta na formação de Al_2O_3 (Resende, 2012).

Figura 9: Al (ABAL, 2009)

$$\mathbf{Al(OH)_{3(S)} \rightarrow Al_2O_{3(S)} + 3H_2O_{(g)} \quad (3)}$$

Conforme Resende (2012), as condições utilizadas no processo Bayer, nomeadamente a concentração, temperatura e pressão, variam em função das características de cada instalação e das propriedades da bauxite usada.

A partir da obtenção da Al_2O_3 ocorre seu processo de transformação em Al, através do processo Hall-Héroult, considerado a base para a extração de Al nas indústrias. O princípio fundamental desse processo é a redução da Al_2O_3 dissolvida em um banho de criolita (Na_3AlF_6) e de fluoretos de um ou mais metais mais eletropositivos que o Al, como por exemplo Na, k, ou Ca, cuja mistura obtida é colocada numa cuba eletrolítica revestida do C (Figura 10) e sofre uma reação de eletrólise (Qualitec-Applus, 2017).

Figura 10: Cuba eletrolítica (Mechatherm: Alumium cashthouse solutions, 2015)

Nessa etapa, a Al_2O_3 é transformada em $Al_{(l)}$ e um gás. Esse gás se combina com o C, desprendendo-se na forma de CO_2, a equação química dessa transformação, pode ser assim representada (Silva E.L., 2017).

$$\mathbf{2Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Al_{(l)} + 3CO_{2(g)}}$$

O $Al_{(l)}$ se precipita no fundo da cuba eletrolítica e, em seguida, é extraído periodicamente dentro das cubas eletrolíticas e transferido em cadinhos até aos

chamados fornos de espera de onde é transferido para a refusão, para a produção de lingotes, placas, tarugos, etc (Silva E. L., 2017). [1]

3.5. Impactes Ambientais

De acordo com Mendes (2016), a Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) é um instrumento de carácter preventivo da política do ambiente, sustentado na realização de estudos e consultas com efetiva participação pública e análise de possíveis alternativas. Tal avaliação tem como propósito recolher informações, identificar e prever os efeitos ambientais de determinados projetos, bem como a identificação e proposta de medidas mitigadoras que evitem, minimizem ou compensem esses efeitos, tendo em vista uma decisão sobre a viabilidade da execução de tais projetos e respectiva pós-avaliação (Mendes, 2016).

Como argumentaram Junior & Lima (2018), a AIA ainda pode ser considerada como um processo de avaliação das consequências futuras de uma ação presente ou proposta, e tem como objetivo prevenir e minimizar as alterações que podem ocorrer na elaboração de um projeto ou determinada atividade, pois o Estudo de Impacte Ambiental é essencialmente um documento que actua como um instrumento de previsão.

As atividades extrativas geram, de uma forma geral, impactes diretos e indiretos no ambiente e estão ligadas às fases da extração, processamento e desativação da mina, alteram fortemente e, muitas vezes de uma forma irreversível, a qualidade do solo, dos recursos hídricos e do ar, causando interferências positivas ou negativas nos meios físicos, biótico e antrópicos (Rodrigues M. C., 2019). No caso mais específico em relação à extração de bauxite, esses impactes traduzem-se essencialmente em poluição atmosférica, hídrica e do solo devido à poeira da bauxite, sua lixiviação em água, reduz a fertilidade do solo e afeta as atividades agrícolas, alimentação e vida aquática.

A exposição ocupacional à bauxite afeta a saúde dos mineiros e tem consequências negativas para a saúde das comunidades vizinhas, como aumento dos sintomas respiratórios, contaminação da água potável, outros riscos potenciais à saúde

[1] Em termos de rendimento, para produzir 1 t de Al, são necessárias 5 a 7 t de bauxite, que se convertem em 2 t de Al_2O_3 (Silva E. L., 2017).

decorrentes da sua ingestão e metais pesados, incluindo perda auditiva induzida por ruído e estresse mental (Qureshi, et al., 2016).

Como um instrumento de previsão, a AIA funciona a este propósito, como uma ferramenta que permite estruturar, recolher, comparar e organizar informação qualificativa e quantitativa das incidências ambientais decorrentes de tal empreendimento com a finalidade de minimizar possíveis impactes a nível da população local e do ambiente (Junior & Lima, 2018).

No contexto da mineração de bauxite, neste trabalho vão ser identificado os possíveis impactes ambientais gerados na fase da ocupação da área, operação e processamento através da abordagem de um estudo de caso, relacionado com a exploração da bauxite no estado do Pará, região Norte do Brasil.

3.5.1. Conflitos ambientais de uso dos recursos naturais

A exploração de recursos minerais gera benefícios económicos à sociedade, mas também impactes ambientais consideráveis durante a fase da extração e após desativação da área, principalmente quando a lavra e o processamento são pilotados sem atender a critérios técnicos fundamentados na legislação ambiental e minerária vigente (Corrêa, Ruiz, & Roic, 2014). Ainda segundo Côrrea et al (2014), geralmente o que se observa é que esses benefícios são apropriados efetivamente por uma geração e os danos ambientais pela outra geração, neste caso, a geração posterior e, esse fenómeno, torna-se mais sério quando os danos ambientais decorrentes da mineração tendem a se intensificar ao longo do tempo.

Conforme abordado por Jornal da Unicamp (2017), desde o final dos anos 1990 com a expansão da globalização e o aumento do consumo dos recursos naturais, os conflitos territoriais relacionados à mega mineração a céu aberto no continente latino-americano aumentaram de uma forma exponencial. A indústria mineral tem crescido a ritmo acelerado, tanto em volumes extraídos quanto pela abertura de novas áreas que, em geral, são autorizadas apenas pelo poder local, excluindo-se os moradores locais ou que não possuem conhecimento técnico que permita avaliar as futuras consequências (Araujo & Fernandes, 2017).

Ainda de acordo com Araujo & Fernandes (2017), na América Latina tem sido grande o aumento dos investimentos no setor mineral pelas companhias minerais internacionais, especialmente canadenses e norte americanas, entre 1990 e 1997, os investmentos no setor da mineração no mundo cresceram 90%, enquanto na America Latina o crescimento foi de 400%. Assim sendo, as exportações de produtos de minas e pedreiras provinietes da Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai saltaram de aproximadamente 20 mil milhões de euros, em 2004, para mais de 42 mil milhões de euros, em 2007.

É relevante realçar que no conflito ambiental, conforme destacado por Araujo & Fernandes (2017), o território tem que ser visto como um objeto em disputa e não como arena, pois não há a possibilidade de utilização dos recursos naturais e do espaço geográfico sem o controle dos limites territoriais. Para os referidos autores, na esfera do conflito ambiental, o ator que impõe suas práticas espaciais é quem detém o controlo sobre o território, isto é, quem exerce o poder. Nessa perspetiva, em virtude do poder político e económico que as empresas detêm, geralmente, são elas que conseguem vencer essa disputa e, assim, se apropriam dos territórios das comunidades. O controlo territorial exercido pelas mineradoras é marcado por diversas práticas de violências, como a marginalização e remoção forçada da população que ocupa as áreas que passam a ser disputadas, as quais são empurradas para territórios muito diferentes dos que anteriormente habitavam.

A título de exemplo, os conflitos envolvendo as mineradoras e os povos tradicionais na Amazónia brasileira não condizem com a disputa por um mesmo recurso, mas sim por uma disputa pelo território e seus atributos materiais e simbólicos, incluindo os recursos naturais (Corrêa, Ruiz, & Roic, 2014). Enquanto para as empresas mineradoras a importância dos territórios se resume ao aspeto económico, para a população tradicional sua importância se restringe não somente a essa dimensão, mas se estende para as dimensões sociais (as relações de parentesco, de reciprocidade, de amizade), culturais (as atividades que historicamente desenvolvem), simbólicas (possuem fortes sentimentos pelos lugares onde vivem; veem a natureza como um "ser" sagrado; as plantas e os animais são usados de forma medicinal).

Verifica-se que os seus interesses se voltam para o espaço onde estão territorializados os recursos de fauna e flora, para os usos presentes e futuros do espaço geográfico que permite a reprodução social, não possuindo nenhuma pretensão em extrair, por exemplo,

a bauxite (Corrêa, Ruiz, & Roic, 2014). À empresa mineradora interessa unicamente a extração do substrato geológico, visando a reprodução e valorização do minério (Saquet, 2011). Todavia, é impossível explorá-lo sem gerar profundas mudanças no ambiente ou desestruturar os espaços e a paisagem de grande importância para população local (Corrêa, Ruiz, & Roic, 2014).

Ao longo do tempo, a extração mineral suscitou diferentes conflitos entre as entidades mineradoras e populações impactadas diretamente, principalmente em países em desenvolvimento ricos em recursos naturais, como Guiné, Brasil, Peru, Chile, Indonésia e Papua (Deshaies, 2011).

No Brasil um número expressivo de comunidades quilombolas foi atingido pela Estrada de Ferro Carajás (EFC), tiveram diversos níveis de constrangimento e perdas sociais, económicas e ambientais. Contudo, esse processo de desarticulação social tem sido acompanhado por diversas formas de resistência, de organização dos grupos afetados, a exemplo da Rede Justiça nos Trilhos que foi fundamental para assegurar a transferência de uma comunidade impactada para um local sem poluição (Le Monde Diplomatique, 2019).

A Guiné-Conacri, viveu dois episódios de protesto em 2017. O primeiro aconteceu após a morte de um taxista atingido por um caminhão basculante carregado com bauxite e o segundo começou com uma falha geral de energia e transformou-se em tumulto provocando duas mortes, dezenas de feridos e uma propagação de protestos em várias localidades mineiras na região de Boké (Agnès, 2018),

Sem dúvidas, é praticamente inimaginável a manutenção e melhoria da qualidade de vida humana, da produção e do consumo sem a exploração de recursos minerais, contudo é uma atividade geradora de conflitos e graves impactes, uma vez que conduz a deslocações de populações, fluxos migratórios, poluição, perturbação das relações sociais e violações dos direitos humanos, intensificados pela falta de transparência e participação das comunidades locais (Corrêa, Ruiz, & Roic, 2014). Em virtude disso, a extração mineral precisa ser rigorosamente controlada em todas as suas etapas de produção para evitar que males sejam ocasionados às populações mais pobres, enquanto o crescimento económico fica restrito a um pequeno grupo de interesses privilegiados.

3.5.2. Impactes resultantes da lavra

Para Mechi & Sanches (2010), a questão ambiental na mineração é extremamente complexa, pois a actividade envolve recursos naturais não renováveis e cuja reconstituição das áreas exploradas é extremamente difícil, sendo possível apenas atenuar através de algumas medidas compensatórias os impactes ocasionados.

Os principais impactes advindos da extração da bauxite e da produção de Al, estão ligados ao desmatamento de grandes áreas e à necessidade de um grande aporte de energia, tanto sob a forma de combustíveis fósseis usados na mineração da bauxite, quanto sob a forma de eletricidade usada no processamento para a obtenção do Al. Além disso, afeta fortemente o solo (Figura 11) em razão da remoção da sua camada superficial, o que expõe as camadas inferiores à erosão e acarreta perda de nutrientes, gerando a desestabilização quanto à ação das águas pluviais e aceleração dos processos erosivos (Mechi & Sanches, 2010).

Figura 11: Área de extração da bauxite em Paragominas (Rede Brasil Atual, 2016)

A taxa de assoreamento quando muito elevada pode afectar a drenagem superficial, gerando obstrução do fluxo natural e a deposição indevida de resíduos provenientes das operações de lavra e processamento de bauxite, além de impactes de intensidade alta, conforme destacado por Carvalho (1989) e Martins Santos (2011).

Esses autores descatam ainda que, quanto à topografia, as actividades de descascamento, remoção de estéril, abertura de acessos e a própria retirada da camada

mineralizada produzem impactes, na maioria das vezes, irreversíveis, pois dificilmente o perfil topográfico original será mantido.

3.5.3. Impacte nos recursos hídricos resultante da extração

O impacte da atividade de mineração de bauxite e do seu refino e posterior redução em Al sobre o ambiente, é outro especto que precisa ser considerado. De grande importância nas operações de rebaixamento do lençol freático para a remoção da camada mineral, a água pode ser ainda usada na fragmentação do minério (caso do método do desmonte hidráulico); nas operações de processamento do minério via húmida, como a moagem; também na mitigação de outros impactes como a emissão de partículas controladas por vaporização de água, na geração de efluentes provenientes de refeitórios, sanitários e abastecimento de combustíveis (Maffia, 2011).

A título de exemplo, em 2008, foi denunciada a empresa Alcoa (líder mundial na criação, fabricação e tecnologia de metais leves), pela descarga de águas residuais provenientes das residências dos trabalhadores nas redes de abastecimento de água em Juruti, no estado do Pará, o que pode ter causado um surto de hepatite viral (Maffia, 2011).

Conforme Maffia (2011), as águas superficiais ou subterrâneas também funcionam como corpos recetores de efluentes provenientes da área da mina. Todas essas formas de uso culminam com a geração de grandes volumes de efluentes, alterados ou poluídos (Figura 12), que poderão contaminar os corpos de água locais ou regionais e o lençol subterrâneo, gerando impactes de segunda ordem que afetarão a fauna, a flora e as condições de abastecimento de água potável, uma vez que óleos e gorduras podem também interferir na oxigenação de águas paradas, cobrir as guelras de peixes e afetar outros organismos (Maffia, 2011).

Figura 12: Barragem de rejeitos de bauxite da mineradora Hydro Alunorte (Amazónia Real, 2018)

Como destacado por Maria de Carvalho Maffia (2011), no relatório de AIA da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), a limpeza dos equipamentos gerará um efluente que, não sendo tratado, irá comprometer a qualidade do corpo hídrico receptor. Ainda conforme essa autora, os demais impactes relacionados à água são pouco prováveis de ocorrer em vista de medidas de controle, contudo em Itamarati de Minas, no estado de Minas Gerais, onde há mineração de bauxite pela CBA, registou-se que em época chuvosa, a água chegava às comunidades com alta concentração de argila e não era usada pois os residentes desconheciam seus efeitos na saúde. Assim, o município ficava sem água potável por vários dias em decorrência desse fato.

3.5.4. Poluição atmosférica e sonora

A mineração frequentemente resulta em poluição do ar por partículas em suspensão das atividades de mineração, processamento e transporte ou por gases emitidos pela combustão do combustível (diesel ou gasolina), já que as máquinas e equipamentos são geralmente operados em áreas não pavimentadas (Norsk Hydro Brasil, 2017).

Os cortes de taludes, os materiais descartados pela operação de lavra, a supressão da vegetação e outras superfícies desnudas também são fontes de geração de poeira e aumento de partículas em suspensão quando excedem aos valores dos parâmetros legais (Maffia, 2011). Consequentemente alteram a qualidade do ar, geram forte desconforto

ambiental e comprometimento da saúde dos trabalhadores, com a retenção de partículas inaladas nos pulmões que provoca diversas doenças respiratórias (Sánchez, 2015). A deposição de poeira em grandes quantidades sobre a flora também pode ainda levar à redução do crescimento de árvores, embora esse impacte seja de fácil mitigação (Maffia, 2011; Carvalho, 1989).

Outros impactes ambientais estão associados a ruídos, sobrepressão acústica e vibrações no solo associados à operação de equipamentos, uma vez que o nível de ruído causado pelas máquinas utilizadas na lavra e processamento atinge todo o entorno da área de mineração, o que leva ao desconforto da população (Maffia, 2011).

3.6. Lama vermelha

Conforme Ernesto et al. (2006), a lama vermelha (***red mud***) é formada a partir de elementos presentes na bauxite ou durante o ciclo Bayer, figurando como o principal resíduo (Figura 13) desse material gerado na fase de clarificação, a partir da mistura de bauxite com NaOH para obtenção de Al_2O_3,. A composição química da lama vermelha depende da natureza da bauxite e da técnica empregada no processo Bayer em cada instalação do processamento (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006).

Figura 13: Lama vermelha na sede da Hydro Alunorte (Real, 2018)

De acordo com Santos (2015), esse resíduo é constituido por particulas muito finas, (cerca de 95% < 44 μm) dispersas em um meio altamente alcalino (pH ≥ 10), contendo

óxidos metálicos insolúveis, tais como Fe, Al, Si, Na, Ca, TiO_2,. Em menor quantidade destacam-se os elementos como K, Cr, V, Mg, P, Cu, Mn, Pb, e Zn (Santos P. C., 2015). Além dos elementos acima citados segundo Moraes (2019), estão presentes também os metais vanádio, gálio, escândio e lantanídeos, considerados valiosos.

Na Tabela 10, são apresentados os elementos primários e secundários com maior ocorrência nos estudos da sua caraterização. Nota-se que o Fe_2O_3 é o principal, constituindo cerca de 30% a 60 % da massa de resíduos, o que explica a cor avermelhada característica das lamas vermelhas (Shinomya , 2015).

Tabela 10: Elementos encontrados na lama vermelha (Shinomya , 2015)

Elementos Principais	Concentrações (%)	Elementos Secundários	Concentrações (mg/kg)
Fe_2O_3	30-60%	U	50-60
Al_2O_3	10-20%	Ga	60-80
SiO_2	3-50%	V	730
Na_2O	2-10%	Zr	1230
CaO	2-8%	Se	54
TiO_2	traço -25%	Cr	497
-	-	Mn	85
-	-	Y	68
-	-	Ni	31
-	-	Zn	20
-	-	Lantanídeos	0,1-1
-	-	Th	20-30

Conforme Martins dos Santos (2011), considerando-se a qualidade da bauxite (teor de Al presente) em cada instalação de processamento, são geradas em torno de 0,3 a 2,5 t de lama vermelha para cada t de Al_2O_3 produzida. A lama vermelha retém todo o Fe, TiO2 e SiO2 presentes na bauxite, além do Al que não foi extraído durante o

processamento, combinado com o Na sob a forma de um silicato hidratado de Al e Na zeolítica (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006).

De acordo com Chagas (2018), quase a totalidade da lama vermelha produzida em todo o mundo, desde quando o processo Bayer começou a ser utilizado industrialmente, foi armazenada em instalações especiais conhecidas como zonas de eliminação de resíduos de bauxite, tendo acumulado mais de 3 mil milhões de t. A quantidade produzida anualmente é muito elevada e, por isso, requer uma área adequada para sua deposição final (Figura 14), pois a deposição inadequada pode acarretar diversos problemas ambientais, como a contaminação da água superficial e subterrânea por NaOH, Fe, Al ou outro agente químico, sendo o vento o principal condutor de pó dos depósitos de lama seca que formam as nuvens de poeira alcalina (Chagas, 2018).

A sua gestão é da exclusiva responsabilidade da empresa mineira e deve ser eficaz ao longo de todo o processo de exploração mineira. Por conseguinte, deve existir um plano de gestão que inclua responsabilidades bem definidas, que descreva claramente o escopo, o processo e a operação, bem como a cronograma, o controlo e a monitorização operacional efetuada por especialistas e os planos de desativação das minas (World Aluminium, 2018).

Figura 14: Bacia da Hydro Alunorte – DRS2 (Real, 2018)

Os estudos realizados com a lama vermelha não a classificam como tóxica (Antunes, Conceição, & Navarro, 2011). Entretanto, em função de sua elevada alcalinidade e

capacidade de troca catiónica pode causar sérios danos ambientais (Moura, et al., 2008), sendo necessário que a sua deposição seja feita em locais adequados, geralmente lagoas de deposição construídas com técnicas de elevado custo que impossibilitam a ocorrência de lixiviação de seus componentes e a consequente contaminação dos corpos de água da superfície e das águas subterrâneas (Villar, 2002).

A lama vermelha possui um efeito corrosivo que destrói a vegetação, podendo ainda comprometer o abastecimento de água potável para a população, uma vez que metais pesados podem contaminar o solo e o lençol freático (Maffia, 2011). A ingestão dessa água contaminada com Fe e demais metais pesados acarreta uma série de doenças e danos neurológicos, cardiovasculares, metabólicos e genéticos tanto para seres humanos quanto para animais (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006), quando consumidos alimentos que foram expostos a ela (Antunes, Conceição, & Navarro, 2011).

3.6.1. Métodos de deposição

A lama vermelha faz parte de um grupo de resíduos conhecidos como *tailings* que são lamas formadas por partículas muito finas resultantes do processamento de minérios pela indústria extrativista mineral (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006). Existem basicamente três técnicas de deposição da lama: húmida, semi-húmida e *offshore*, cuja aplicação depende inteiramente da, geologia, localização geográfica, situação em relação à instalação do processamento e condições climáticas (Moraes, 2019).

O método húmido é um método convencional, no qual a lama é bombeada numa forma mais diluída, de 15 a 30%, ou ainda 18 a 22% de sólidos (Passos, 2018). A operação é simples e barata, consistindo na sedimentação natural da fase sólida e na recirculação do sobrenadante para a fábrica, porém, possuindo alto impacte sobre o ambiente, pois a área de deposição final necessária é grande (100 a 200 hectares ha) e os custos associados são altos, devido à necessidade de impermeabilização antes da deposição, a qual é feita através de membranas plásticas ou da aplicação de camada de material impermeável devido aos riscos de contaminação do solo e do lençol freático (Ernesto, Cristina, & Motta, 2006).

Na deposição semi-húmida a facilidade de gestão é mais controlada, pois ocupa uma área mais reduzida, com menor volume de resíduos e baixo potencial de contaminação devido ao teor de sólidos (que atinge 55%) e o acondicionamento, porém possui alto culto de impantação e a possibildiade de poeira alcalina (Moraes, 2019).

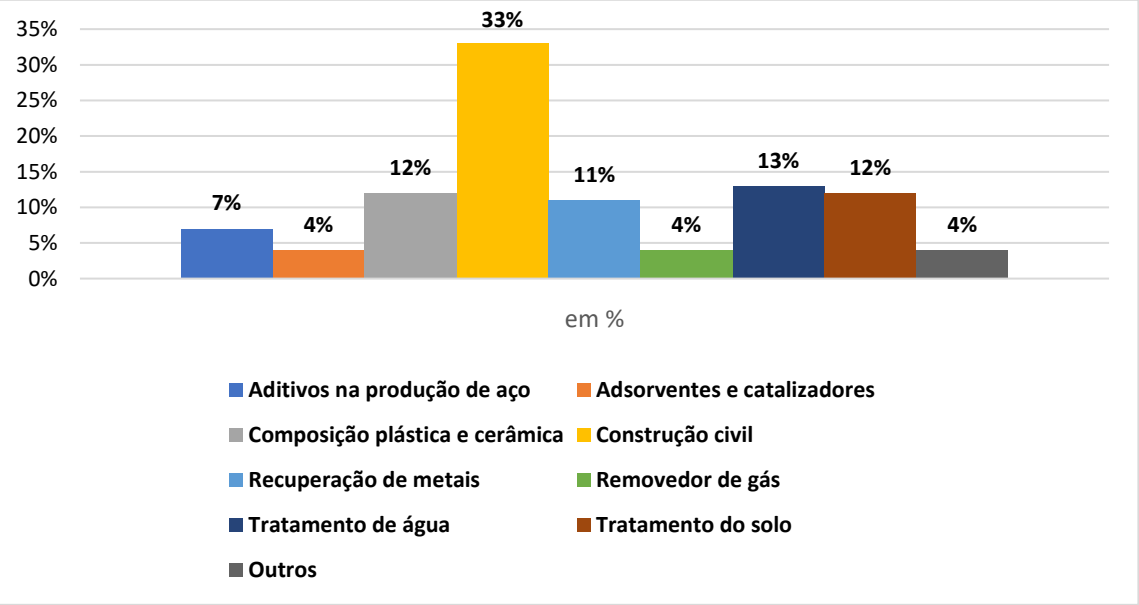
A deposição *off-shore* consiste no lançamento da lama vermelha em um corpo hídrico (rio ou oceano). Segundo Batista da Silva Filho, Moreira Alves, & da Motta (2006), este metodo foi praticamente abandonado, existindo no mundo atualmente somente em 7 instalações, devido à escassez de área para deposição final, com destaque para Japão e Itália.

3.6.2. Aplicações alternativas

Vários pesquisadores tentam identificar as formas alternativas do aproveitamento da lama vermelha, a fim de reduzir custos e impactos. Shinomiya (2015), verificou que os elementos que constituem a lama vermelha podem ser utilizados como matéria nas indústrias químicas, civil, metalúrgica, cerâmica, agrícola, ambiente e nuclear.

Conforme ilustrada na Tabela 11, entre 1964 e 2008, 734 patentes relacionadas com a lama vermelha e suas principais aplicações foram registradas (Santos D. H., 2019).

Tabela 11: Aplicações dadas a lama vermelha (Santos D. H., 2019)



Suas principais utilizações dizem respeito ao seu uso como matéria-prima na indústria de cimento realizado pela Mitsui Alumina, fabricação de materiais de construção, cobertura para aterros e pavimentação, um adsorvente desenvolvido pela Kaiser Aluminum e Chemical Company (Santos D. H., 2019). No sector agrícola aplica-se como corretor de solos ácidos, aumentando a retenção de fósforo no solo e imobilizando os metais pesados em solos contaminados, enquanto no setor ambiental são frequentemente utilizadas, para a reabilitação de zonas contaminadas e o tratamento de efluentes líquidos (Antunes, Conceição, & Navarro, 2011).

3.7. Metodologia de mitigação de áreas mineradas

Após esgotado o depósito de bauxite, as empresas são responsáveis pela reabilitação da área, cujo programa de reabilitação deve ter como objetivo o de reverter as áreas mineradas (Figura 15), tornando-as seguras e propícias ao atendimento das atividades produtivas praticadas pela comunidade local (World Aluminium, 2018).

Figura 15: Restauração das Florestas Tropicais Húmidas em terras minadas de bauxite na Amazónia brasileira (Parrotta & Knowles, 1999)

Um processo típico de reabilitação de uma mina de bauxite inclui, conforme ABAL (2018):

i. desenvolvimento de um plano de reabilitação a partir da consulta à comunidade local (utilizadores finais) e os reguladores (entidades autárquicas ou ambientais);
ii. remodelação da área minerada, se necessário, para eliminar massas rígidas e restaurar os padrões de drenagem;
iii. remoção mecânica de áreas compactadas para aumentar a infiltração de água e promover a penetração radicular das plantas;
iv. restituição de camadas de subsolo e solo superficial em sequência;
v. cultivo, de preferência ao longo do contorno, para minimizar a erosão e preparar um leito de germinação, cujas espécies devem ser específicas do local;
vi. criação de um habitat adicional para a fauna, deitando as rochas e grandes materiais lenhosos para determinadas áreas.

Uma vez concluída a reabilitação, deve ser realizado um acompanhamento em relação aos objetivos ou resultados definidos para identificar áreas de retoque, se houver, e fornecer *feedback* para melhorar a reabilitação futura (Sánchez, 2015). Conforme destacado por ABAL (2018), é crucial elaborar um plano de reabilitação para facilitar a integração no plano da mina; documentar uma estratégia de manutenção, incluindo controle de espécies de ervas daninhas, gestão de incêndios, restauração de áreas degradadas e restauração de áreas onde o reflorestamento falhou; e definir objetivos de reabilitação, critérios de conclusão e responsabilidades.

O programa de monitorização da reabilitação deve-se concentrar numa série de indicadores que atendam aos critérios de conclusão e a composição e estrutura da vegetação (Gardner, 2015). A comunidade local, por sua vez, deve exigir que logo na fase inicial do projeto a exploração seja sustentável, que a empresa apresente um plano de reabilitação progressivo e assegure que os critérios de conclusão sejam acordados entre a comunidade, os reguladores, e, quando apropriado, outros interessados diretos (Deshaies, 2011).

A avaliação ambiental preliminar permite a identificação dos possíveis impactes ambientais decorrentes da implantação, funcionamento e desativação da atividade da extração. Sendo assim, as principais medidas mitigadoras que compõem o plano de gestão ambiental, na exploração de bauxite são (Moreira, 2013):

i. sistema de drenagem superficial e retenção de sedimentos; aspersão de água nas pistas de rolamento e áreas operacionais para reduzir a emissão de poeiras devido ao movimento de máquinas e caminhões;
ii. controle das emissões dos motores diesel (adoção de um programa rigoroso de manutenção e controle dos motores);
iii. remodelação topográfica; restauração da paisagem (este programa deverá ser composto de várias etapas, desde a remoção do solo superficial, armazenamento temporário e substituição após cada poço até a restauração da vegetação);
iv. monitorização ambiental.

Quando mal geridas, as atividades de mineração também podem ter efeitos significativos na modificação radical da paisagem e da fragmentação do ecossistema, incluindo a descarga de drenagem contaminada com sedimentos, produtos químicos e metais, ou com acidez modificada (Gardner, 2015). As operações de mineração também podem promover a introdução de pragas, predadores e doenças nos ecossistemas naturais e expor áreas isoladas a novos distúrbios antrópicos (Agnès, 2018).

De acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, após a exploração, o solo deve ser restaurado à sua condição de pré-distúrbio, isto é, deve ser reabilitada (Maffia, 2011). O primeiro passo para o desenvolvimento de um programa eficaz de restauração de um local de mineração é estabelecer um objetivo de uso do solo pós-mineração, que deve ser compatível com o uso da terra feito pelos moradores, promover a diversidade de espécies, atender às expectativas da comunidade local e ser aprovado por proprietários de terras e reguladores (Deshaies, 2011).

A viabilidade do solo deve ser avaliada antes da mineração, através da classificação e mapeamento de acordo com sua erodibilidade e estabilidade para uso em reabilitação (ABAL, 2009). Nesse contexto, como foi referido anteriormente, antes da mineração, o solo superficial, o subsolo e a camada de terra que cobre a bauxite são removidos, então já no decurso da reabilitação, o solo é colocado na ordem inversa.

Conforme ABAL (2018), a manipulação do solo é mais eficaz se a quantidade de solo armazenada nos estoques for minimizada e a quantidade de solo imediatamente recuperada das áreas mineradas for maximizada. Esse retorno direto também traz benefícios ambientais, incentivando a regeneração das plantas nativas dos propágulos no solo e minimizando os danos à estrutura do solo e a perda de matéria orgânica e

nutriente (Gardner, 2015). Se o retorno direto não for possível, o solo deve ser armazenado e não deve ser manipulado quando molhado para minimizar a compactação (World Aluminium, 2018).

Além disso, o solo armazenado deve ser usado geralmente dentro de um ano para maximizar os benefícios do banco de sementes natural e para conservar micro-organismos simbióticos, devendo ser elaborado um plano de gestão do solo da região, incluindo procedimentos específicos do local, nomeadamente caracterizar e cartografar a aptidão do solo; avaliar o inventário *in situ* do solo e o inventário do solo armazenado; efetuar os trabalhos de limpeza, armazenamento e instalação no solo; certificar-se de que os solos são recuperados e geridos de forma adequada (ABAL, 2018).

A água é também usada em grande quantidade, especialmente em instalações de processamento e supressão, tendo as empresas de mineração de bauxite que reduzir o consumo e manter ou melhorar sua qualidade, evitando a contaminação de corpos da água próximos e mantendo programas de monitorização para medir o seu desempenho tendo (ABAL, 2018).

No que respeita à qualidade da água, conforme ABAL (2018), os principais impactes potenciais estão relacionados com o aumento da turbidez do escoamento superficial e dos derrames acidentais de óleos. As práticas recomendadas pela ABAL para gerir os impactes na qualidade da água são apresentadas abaixo (World Aluminium, 2018):

i. garantir que as descargas em águas superficiais não resultem num aumento inaceitável das concentrações de contaminantes nas águas recetoras;
ii. instalar filtros de óleo e gordura eficientes e mantê-los em instalações de abastecimentos, oficinas, depósitos de combustível;
iii. tratar as águas residuais sanitárias de acordo com normas estabelecidas de forma a que as descargas não comprometam a saúde humana ou a qualidade do ambiente;
iv. monitorizar a qualidade e quantidade de descargas sobre o ambiente, incluindo águas pluviais, suscetíveis de afetar o ambiente - isso deve ser feito nas estações de controle definidas com a entidade reguladora.

Uma das etapas mais fundamental e que merece ser explorada durante o processo das mitigações dos impactes gerados, é o término das atividades de mineração, que resulta na desativação da mina. Segundo Gardner (2015), é geralmente associada à redução dos

níveis de emprego, ocasionando um impacte negativo significativo nas economias locais. Por conseguinte, é importante que o uso posterior das áreas impactadas seja discutido.

Um bom planeamento para a desativação pode proteger acionistas, governos, fornecedores, comunidades locais e as gerações futuras dos impactes socioeconómicos decorrentes desse processo, assim como reduzir o passivo ambiental (Dias, Coelho, & Silva, 2016). Os principais objetivos para o correto planeamento da desativação de mina deve ser: proteger a saúde e segurança pública, mitigar os danos ambientais, uso produtivo da terra e propiciar benefícios socioeconómicos à comunidade (Dias, Coelho, & Silva, 2016).

Para se redefinir o uso futuro da área é relevante avaliar os impactes e condições que podem afetar o plano da desativação de mina, como a estabilidade física, a estabilidade geoquímica, o uso da terra e o desenvolvimento sustentável (World Aluminium, 2018).

O sucesso da desativação depende da definição, da revisão e da validação contínuas e, finalmente, da conquista dos objetivos, alinhados com os requisitos da empresa e dos interessados diretos, para que a comunidade perceba benefícios que continuarão a existir mesmo sem novas contribuições da empresa (World Aluminium, 2018)[2].

[2] Sobre exemplos de desativação de mina de bauxite ver Gardner (2015), ABAL (2018) sobre a desativação no Oeste da Austrália.

4. Processamento de bauxite em Barcarena: aspetos económicos e conflitos territoriais

Um dos maiores fornecedores de matérias-primas do Brasil, o estado do Pará, detém algumas das maiores reservas minerais do mundo, de onde se extrai 100% da extração nacional de caulim e 85% da reserva mineral de bauxite, além de cobre 60% e ouro 10% (CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, 2013). A importância que esse estado desempenha no contexto brasileiro foi primordial na sua escolha para a realização do estudo de caso, pois é no município de Barcarena, no seu interior, onde estão abrigadas as instalações industriais de tratamento de bauxite da Alunorte.

O objetivo da visita ao município de Barcarena consiste em averiguar como a implementação do projeto tem afetado a vida e o ambiente da população, em especial, da comunidade quilombola Gibrié de São Lourenço.

A atividade extrativa desenvolvida no município de Barcarena atrai para seu interior pessoas de diferentes regiões que buscam melhores condições de vida e melhoria económica, como oportunidades de trabalho e, consequente geração de renda. Por outro lado, também ocorre um movimento contrário de moradores da localidade afetados pela atividade extrativa, que são obrigados a se deslocarem para outros lugares. Há ainda aqueles que, mesmo impactados pela extração mineral, resistem progressivamente por não aceitarem a apropriação dos seus territórios pelas empresas mineradoras.

Acredita-se que a análise acerca das experiências de mineração dessa comunidade em relação à mineração trará dados relevantes para a compreensão das consequências geradas pela mineração de bauxite e poderá contribuir para nortear reflexões posteriores em outras regiões, sobre como os grandes empreendimentos mineradores impactam as sociedades locais.

4.1. Contexto histórico

Atingido na base da sua coluna industrial pelo primeiro choque do petróleo, em 1973, o Japão começou a encerrar as suas fábricas de Al, período no qual era o segundo maior consumidor de Al na economia capitalista (Lôbo, 1996). De acordo com o mesmo autor, com a súbita multiplicação do custo da energia, manter essa atividade se tornava

inviável para um país sem petróleo e com restrições geológicas ao uso de energia nuclear, sendo mais viável encerrar suas fábricas e reabri-las em outros locais.

Nesse mesmo período, o Brasil estava interessado em integrar a Amazônia ao mercado e desenvolvê-la economicamente, através do aproveitamento das suas potencialidades agropecuárias, agroindustriais, florestais e minerais (IBGE, 1974). Dentre as políticas criadas, encontram-se as políticas as políticas de ordenamento do território, que foram direcionadas para exploração dos recursos naturais, principalmente, os recursos minerais e os recursos geradores de energia para atendimento dos grandes empreendimentos da Amazónia.

Interessado em atrair empresas para a efetivação dos seus planeamentos, o governo brasileiro criou as condições necessárias para que empresas se instalassem na região amazónica. O estado brasileiro, tornou-se o estado da infraestrutura para atrair o capital internacional, quando não, aliou-se ao capital privado nacional e internacional para viabilizar a exploração económica dos territórios amazônicos. Assim, em parceria com o governo do Japão, foram criadas condições técnicas, financeiras e infraestrutura para absorver um empreendimento de grande dimensão (Lôbo, 1996). Uma das estratégias formuladas pelo governo brasileiro foi o Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia, em 1974, que projetava a colocação de variados centros de desenvolvimento na Amazônia brasileira, trazendo assim, em pauta a produção mineral (Monteiro, 2005).

A produção e apropriação dos territórios económicos por parte do estado brasileiro foi fundamental para ampliação da exploração dos recursos minerais na Amazónia paraense. Desse modo, estavam elaboradas as condições imprescindíveis para extração e comercialização de um desses recursos estratégicos ao capital internacional, a bauxite metalúrgica na Amazónia brasileira, com parceria do estado e de capitais privados das grandes empresas internacionais.

Nessa situação, buscando não somente a valorização das jazidas descobertas em Trombetas, mas sua transformação em Al_2O_3 primária e Al, o governo federal brasileiro implementou ações voltadas para esse fim, como instalações químicas para a produção de Al_2O_3 e para a construção de instalações metalúrgicas para o Al, o que exigia a disponibilidade de grandes quantidades de eletricidade (Monteiro, 2005).

Conforme Monteiro (2005), foram promovidas negociações para a criação de uma empresa comum entre a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e empresas japonesas para a produção de Al_2O_3 e Al, para viabilizar a instalação da central hidrelétrica de Tucuruí, que teria um papel importante, com o auxílio da energia, no desenvolvimento adequado do setor industrial que transforma Al_2O_3 e Al.

Com essa iniciativa, foi criada a Alumínio Brasileiro S.A. (Albrás), em 1978, e a Alunorte, responsável pela produção de Al_2O_3 (Monteiro, 2005), as duas situadas no município de Barcarena, e construído o porto para sua exportação. Assim, estava montada a lógica de exploração da mina, rio, instalação industrial, porto para viabilizar a exploração, e transformação da bauxite para colocá-la no mercado internacional.

Para que desse certo esse acordo, o Brasil comprometeu-se em enviar no mínimo 170 mil t anuais de Al para o Japão, sendo que a transação foi assegurada pela Albrás (IOS, 2008). Esse foi o mais bem-sucedido processo de transferência industrial realizado nesse período, tornando o Japão no maior importador mundial de Al atingindo até 258 mil t, equivalente a pouco mais de um terço da produção do Brasil (Jornal Pessoal & Gramsci e o Brasil, 2010).

De acordo com IOS (2008), em 1975, os japoneses abandonaram o projeto, alegando falta de interesse em dividir os custos de infraestrutura necessários para a construção do complexo, particularmente para a central hidroelétrica de Tucuruí, desse modo, o estado brasileiro decidiu assumir a totalidade dos custos de construção da instalação e vender energia subsidiada para a empresa.

Em 2010, a empresa norueguesa Hydro comprou os ativos referentes à produção de bauxite, Al_2O_3 e Al da Vale (por 4,9 mil milhões de dólares), que receberia 1,1 mil milhões de dólares em dinheiro e uma participação de 21,6% na Hydro, avaliada em 3,1 mil milhões de dólares, a qual contemplou a exploração mineira de bauxite em Paragominas, além da participação maioritária da Alunorte, e uma participação de 51% na Albrás, a maior empresa brasileira de Al (Rodrigues, Hazeu, & Nascimento, 2019).

A Hydro é uma empresa norueguesa multinacional, cujo estado norueguês detém 34,7% das ações. Entre seus demais acionistas incluem-se State Street Bank and Trust Comp (Estados Unidos), Clearstream Banking (Luxemburgo), HSBC Bank (Reino Unido), J.P. Morgan Bank Luxembourg (Luxemburgo), Banque Pictet e Cie (Suíça), J.P.

Morgan Chase Bank (Reino Unido) e Euroclear Bank (Bélgica) (Rodrigues, Hazeu, & Nascimento, 2019).

Todo grande empreendimento no território provoca mudanças criando dinâmicas económicas e produzindo novas territorialidades, consequentemente, por sua vez, a probabilidade de conflitos é uma realidade em casos como a Amazônia brasileira, onde há uma perda no valor agregado ao trabalho e, sobretudo ao produto; além dos conflitos de interesses entre o modo de produção do território pelas sociedades tradicionais e os modelos territoriais trazidos pelos grandes empreendimentos capitalistas. É uma evidência, em diversos aspetos, que a implantação do empreendimento do setor minério num determinado local ocasiona relevantes transformações na estrutura social, territorial e económica, impactando diretamente e diferentemente a vida dos cidadãos locais (Barros, 2009). É nesse contexto que o município de Barcarena é visto como exemplo emblemático, no que concerne a exploração, a transformação e os impactes socioambientais, provocados pela atividade mineral.

A Amazónia passou ainda mais a ser cobiçada pelo grande capital internacional, pela descoberta em seu território de recursos minerais estratégicos ao desenvolvimento económico mundial. A importância do município de Barcarena dentre outros contextos vem com a crise energética mundial e a expansão e ocupação do estado brasileiro na Amazónia.

4.2. Descrição geral do projeto

O município de Barcarena está localizado no estado do Pará. Situa-se entre as coordenadas 01°30"24" de latitude Sul e 48°37"12"de longitude a Oeste de Greenwich, com uma área de 1.311,5 km2, distante 25 km em linha reta da cidade de Belém, encontrando-se a uma altitude de 15 metros em relação ao nível do mar (Perfeitura Municipal de Barcarena, 2016). Conforme IBGE (2018), a sua população é estimada em 124.680 habitantes. A denominação "Barcarena" deveu-se à presença de uma grande embarcação que havia sido batizada de "Arena" e que os habitantes do local chamaram de "Barcarena" (Ayan, Braga, Carvalho, & Freire, 2017). Abaixo, a Figura 16, apresenta-se a localização do município de Barcarena.

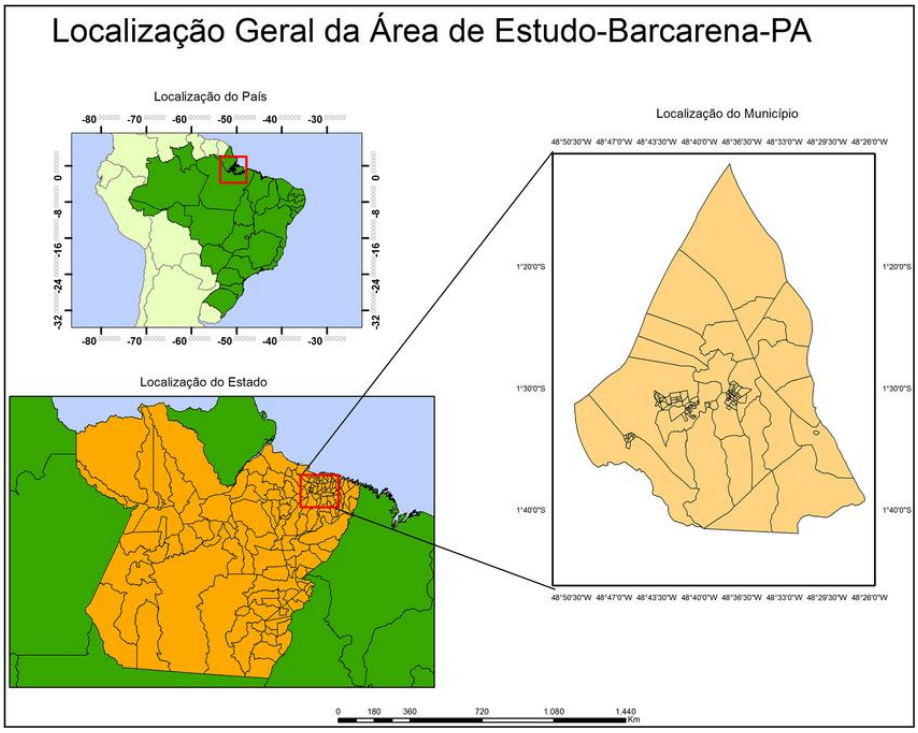


Figura 16: Mapa de localização do município de Barcarena (Santos, et al., 2018)

O município é caracterizado por uma vegetação tropical com floresta densa nas áreas elevadas, vegetação de várzeas típicas de áreas inundáveis e floresta secundária, devido à presença do complexo industrial, tem no entanto várias modificações no seu ecossistema. (CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, 2013).

De um ponto de vista económico, o município destaca-se por apresentar um importante complexo industrial destinado à transformação de minérios (complexo Albrás-Alunorte) e um complexo sistema portuário, sendo as áreas que possuem recursos minerais, as mais impactadas nos aspetos sociais e ambientais (Perfeitura Municipal de Barcarena, 2016).

Na década de 1980, o foco principal das políticas públicas recaiu sobre o município para que atendesse aos interesses do estado e aos interesses externos, acolhendo assim um grande projeto denominado Complexo Industrial Alunorte (Carmo & Costa, 2016).

De acordo com Nahum (2006), para a instalação do complexo, localizado a 7 km da sede da cidade, foi definida uma área de 40 mil ha, assim como pode ser observada na Figura 17, subdividida da seguinte forma:

i. **Zona industrial:** compreende o porto situado em Ponta Grossa, em Vila do Conde; área da Alunorte, ao lado do porto; a área da Albrás, localizada em frente ao porto e em frente da Alunorte; a área da Eletronorte, localizada ao lado do lote Albrás para a instalação da subestação de redução de tensão, que chega da central hidroelétrica de Tucuruíe a área de expansão, disponibilizada à Companhia de Distritos Industriais do Pará (CDI/PA), para a instalação do Distrito Industrial;

ii. **Área de expansão urbana:** reservada para atender o mercado industrial;

iii. **Área de transição:** destinada à proteção da Reserva Ecológica e apoio das atividades diversificadas, de natureza industrial e;

iv. **Área de implantação do Novo Núcleo Urbano de Barcarena:** onde estão instaladas as residências dos trabalhadores da Albrás/Alunorte.

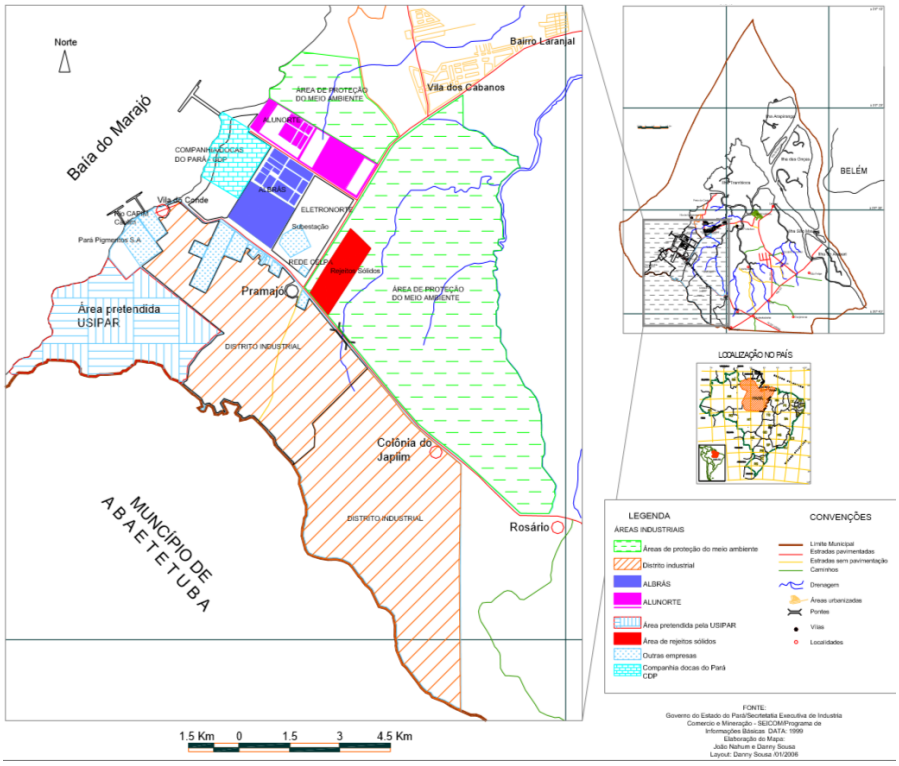


Figura 17: Configuração Territorial da Área industrial de Barcarena – PA (Nahum, 2006)

O complexo (Figura 18) fica distante 3 km de Vila do Conde que é um porto público sob a responsabilidade da Companhia Docas do Pará (CDP) por onde a empresa exporta 97% da produção e importa várias matérias-primas. Além disso, o porto está adaptado para descarregar bauxite, NaOH e óleo combustível (IOS, 2008).

O governo brasileiro com o intuito de realizar o projeto, reconhecido como uma importante fonte económica internacional, comprometeu-se a tomar todas as medidas necessárias para viabilizá-lo, como dispensando a Albrás de qualquer investimento em Tucuruí e garantindo o fornecimento de energia a um preço ajustado (Jesus & Madeiro, 2007).

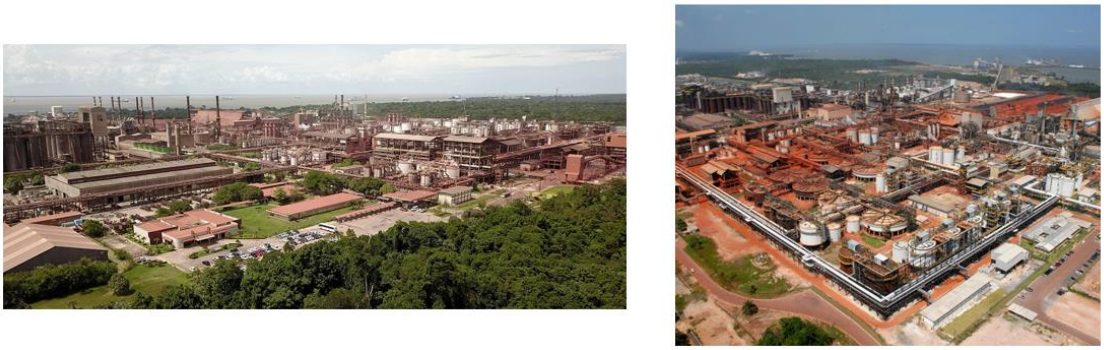


Figura 18: Vista aérea da refinaria de Albrás (ABAL, 2009)

De acordo com Arnaud Torres Madeiro (2007), inicialmente a empresa construiu um complexo habitacional na Vila dos Cabanos, em Barcarena, a fim de reduzir custos operacionais e assegurar a permanência dos trabalhadores e permitir não somente a acomodação, mas também facilitar seu deslocamento para o complexo que opera sem interrupção. Para escolha da zona onde se situa o complexo Albrás/Alunorte considerou-se, como argumentado pelos referidos autores, a proximidade relativa das fontes de produção; a possibilidade de construção e utilização de um porto que permitisse a atracação de navios de grande capacidade; características do solo com topografia plana e do subsolo muito favoráveis ao suporte de bases do complexo; existência de água com qualidade e volume para uso industrial; disponibilidade de mão-de-obra barata; área com baixa densidade de ocupação e próxima de um grande centro urbano. Fatores esses encontrados em Barcarena, o que tornou o território mais propício.

4.3. Aspetos económicos

O volume de produção de bauxite e Al_2O_3 é correspondente precisamente a procura atual por essas matérias primas. Totalmente influenciadas pelas oscilações dos preços

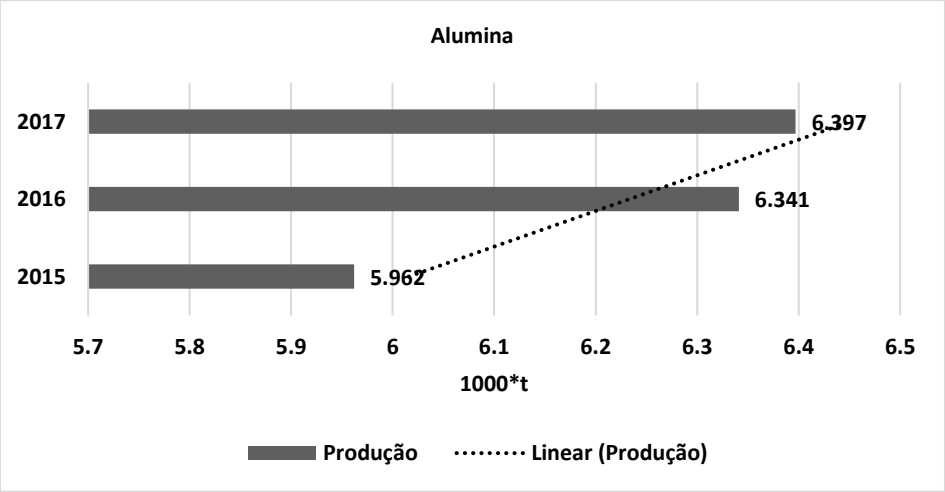
praticados no mercado financeiro, as empresas mineiras deparam-se com períodos de boom (aumento súbito dos preços) e de pós-boom (queda dos preços).

Contudo, ao contrário do que se poderia supor, que seria a diminuição no volume da produção enquanto o mercado se recupera, nota-se que mesmo no período pós-boom há inúmeras empresas que decidem compensar a queda dos preços com o aumento da produção (Coelho, 2015).

Conforme dados apresentados pela ABAL para 2016, as vendas externas da indústria brasileira do Al nesse período, incluindo bauxite e Al_2O_3, recuaram 9,2%, totalizando US$ 3,6 bilhões, com destaque maior para a queda nas exportações de Al_2O_3 (de 11,4%). Como reflexo da crise do setor mineral no Brasil e no mundo, a mineração brasileira fechou 2015 com um crescimento de apenas 6% (Jornal da UNICAMP, 2017)

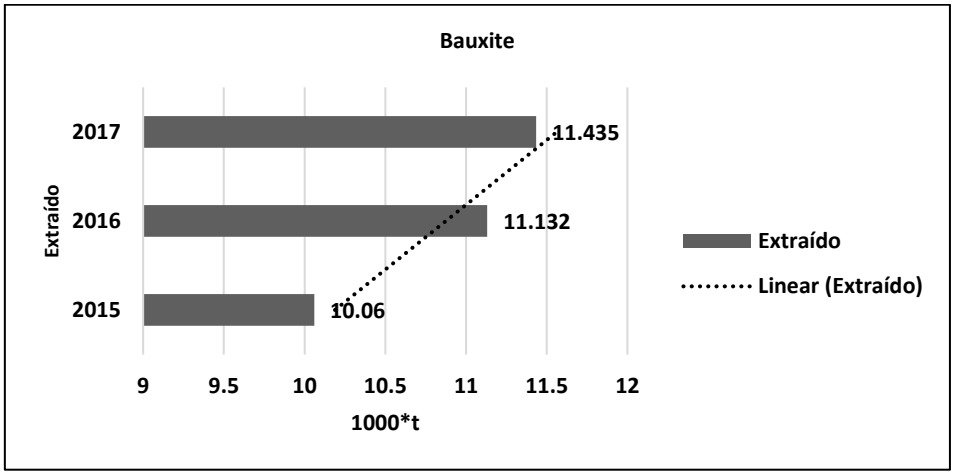
Entretanto, ratificando o exposto por Coelho (2015), apesar da instabilidade do setor devido à baixa atividade no mercado, verificou-se um aumento da produção da empresa Hydro entre 2015 e 2017, o qual pode ser observado nos gráficos da Tabela 12, . A empresa passou de 5,9 milhões de t de Al_2O_3, em 2015, para 6,3 milhões de t, em 2017. Especificamente no terceiro trimestre de 2016, a Hydro teve produção recorde de Al_2O_3, com a Hydro Paragominas e a Hydro Alunorte produzindo acima da capacidade nominal no período (Norsk Hydro Brasil, 2016)

Tabela 12: Produção de Alumina-Hydro (ABAL, 2018)



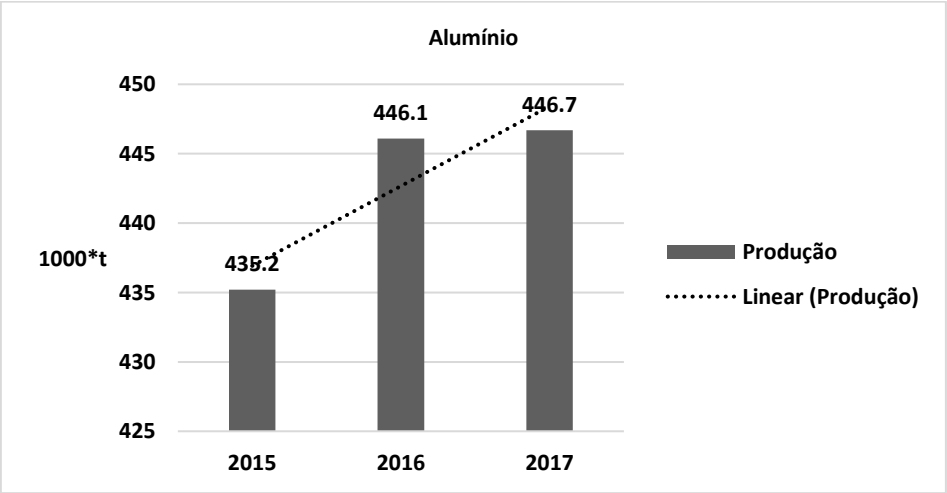
Em 2017, tanto a mina de bauxite Hydro Paragominas como a refinaria de Al Hydro Alunorte atingiram uma produção anual recorde de 11,4 milhões e 6,4 milhões de t respectivamente. A Tabela 13, apresenta a extração total da empresa entre 2015-2017 e nele observa-se um aumento entre os dois primeiros anos. Contudo, no ano seguinte nota-se que esse aumento não foi tão expressivo.

Tabela 13: Extração da bauxite-Hydro, dados extraídos (ABAL, 2018)



No que respeita ao Al primário, a forte procura prevista pela empresa para o ano 2016, ver dados na Tabela 14, foi acompanhada por uma produção elevada (446,1 milhões de t), que se manteve estável até ao ano seguinte.

Tabela 14: Produção de Alumínio-Hydro (ABAL, 2018)



Entretanto, o aumento da produção é acompanhado pela pressão sobre os territórios, porque influencia na dinâmica da localidade, como apontado a seguir.

4.4. Impactes socioecónomicos da implementação do projeto Albrás/Alunorte

Foram identificados os impactos durante o encontro com a comunidade Gibrié de São Lourenço e pelos membros do MAM presentes. Abaixo expressam-se as intervenções feitas pelos moradores da comunidade

A comunidade Gibrié de São Lourenço é formada por moradores de ascendência negra e trata-se de uma comunidade centenária certificada como território quilombola, em 2016, pela Fundação Cultural Palmares, entidade responsável pela promoção e preservação dos valores decorrentes da influência negra na formação da sociedade brasileira (Fundação Cultural Palmares, 2016). Os quilombos são vistos como local de resistência dos africanos escravizados no Brasil que, ao fugir das violências vividas, se refugiavam em áreas no interior da floresta que se tornavam local de moradia.

As famílias da Comunidade Quilombola Gibrié de São Lourenço também possuem ascendência indígena, conforme destacado por um dos líderes da comunidade. Esse contato entre negros e indígenas faz parte da formação da sociedade brasileira, visto que os quilombos eram formados no interior da floresta onde viviam essas populações. Além disso, a escravidão no Brasil também vitimou dezenas de indígenas, desse modo, pode-se pressupor que o contato entre essas populações era frequente.

As relações existentes entre esses grupos foram fundamentais para que redes de amizade, solidariedade e de parentesco fossem criadas, e para o desenvolvimento de formas de resistência às violências sofridas. Os quilombos no Brasil ainda enfrentam inúmeros desafios, como a luta pelo direito à permanência e ao reconhecimento legal de posse das terras ocupadas e cultivadas para moradia e sustento, bem como o livre exercício de suas práticas, crenças e valores (Leite , 2000).

A partir das análises realizadas, foi possível observar que a implementação do projecto Albrás/Alunorte provocou fortes mudanças organizacionais no território, direcionadas especificamente às questões económicas, ambientais e sociais, facto que demonstra que

nem sempre os resultados de projetos se traduzem em desenvolvimento social a favor da população.

Essa população em momento algum imaginou que sua realidade seria radicalmente transformada pela realização de um grande projeto em seu território. Para a implantação do complexo industrial do projeto Albrás/Alunorte, no município de Barcarena, foi necessária a desapropriação de boa parte dos residentes da comunidade, conforme relatado pelo Entrevistado - A[3]:

> ***Quando em 1970 o governo militar planeou alguns desenvolvimentos para a Amazônia, para ocupar a terra com o objetivo implementar o projeto Albrás/Alunorte, o título da ocupação usado para ocupar a terra na altura foi "Amazônia terra sem homens, para homens sem erra". Para a realização do referido projeto cortaram a nossa terra, terra de 5 comunidades quilombolas, do Porto de município até a Vila do Conde. Mas foi uma desapropriação onde se indemnizaram só as casas. Por exemplo, eu tenho atualmente 3 hectares e tenho uma casa de 5 quartos, uma cozinha, um banheiro, uma sala e dois dormitórios e (a empresa) me tirar daqui, para me colocar numa casa de dois quartos, com a cozinha e banheiro partilhado, numa casa de 10 x 30, ou seja 10 metros de frente e 30 de fundo, é isso que é desenvolvimento? Muitas famílias, inclusive a minha, perderam 20ha, 13 ha e foram colocadas num conjunto habitacional.***

Com a implementação do projeto, a população residente na área destinada a construção do complexo industrial sofreu as consequências das ações adotadas pelo governo para fins empresariais. Conforme argumentado por Nahum (2006), a população foi tratada pelo poder estatal e empresarial como obstáculo ao processo de modernização e sua retirada foi o preço exigido.

A partir dos relatos dos entrevistados pode-se concluir que o governo estadual da época e a empresa mineradora adotaram uma série de estratégias para a instalação do projeto visando evitar a ocorrência de qualquer tipo de resistência de parte da população local. Como a percepção que a sociedade em geral possui acerca da ideia de desenvolvimento é que este virá acompanhado de crescimento económico e geração de renda, a

[3] A fim de preservar a identidade dos entrevistados, os seus nomes foram omitidos e serão citados da seguinte forma:

a) Entrevistado – A → líder da Comunidade Quilombola Gibrié de São Lourenço
b) Entrevistado – B → morador e professor da geografia em Barcarena
c) Entrevistado – C →membro do MAM em Barcarena

população imaginou fazer parte desse grupo de beneficiados. Contudo, os benefícios gerados pela empresa ficaram restritos a um pequeno grupo e os moradores das áreas de interesse da empresa foram transferidos para outras áreas, restando a eles somente os impactes. Conforme argumentado pelo Entrevistado – A:

> ***O povo estava tão iludido que ia ter emprego, pois queria ter emprego, razão pela qual não ligou muito. E em Barcarena nessa época, mais de 70% da população era analfabeta, não conhecia os seus direitos, e a maioria dessas terras que foram privadas eram terras que não tinham documentação, a pessoa morava lá há anos, nasceu e se criou, descendente de pessoas escravizadas e descendente de indígenas, e que nunca foram um órgão do governo a exigir registo. Sabe como é que está essas terras no cartório de imóveis, perante a Secretaria de Estado? Áreas devolutas ou áreas do estado. Mas a pessoa mora lá desde que nasceu.***

Para o Entrevistado - A, as famílias saíram por desconhecerem seus direitos, pois como eram áreas tradicionalmente ocupadas por descendentes de ascendência negra e indígena, tinham direitos assegurados a permanecerem nos seus territórios de origem, embora estes não fossem plenamente reconhecidos. Contudo, de acordo com o Entrevistado - B:

> ***Para além da falta de informação ou nível (académico) da população, na época existia um outro fator: mesmo que você tivesse toda a informação e se revoltasse a gente estava em plena ditadura militar, não tinha os direitos individuais e os direitos coletivos foram suspensos. Chegava a empresa e te dizia: levanta a tua barraca, pega a tua trouxa que a estrada vai passar aqui. Foram destruídas muitas roças (lavoura) de abacaxi, muitos fornos de carvão e muitas casas de farinha de mandioca.***

Essa desocupação da área no início da implantação do projeto foi promovida pelo governo estadual, através da CDI/PA e da Companhia de Desenvolvimento de Barcarena (CODEBAR), órgão criado e cedido ao Ministério do Meio Ambiente, cuja tarefa foi remover os obstáculos para implantação do complexo industrial (Procuradoria Geral do Município, 2018). Por meio desse mecanismo de desapropriação da terra, o CDI realizou 404 desapropriações, no período de 1983 a 1984, numa área de 40.000 ha, e a CODEBAR efetuou 155 desapropriações numa área de 60.104 ha, no período de 1983 a 1984 (Nahum, 2006).

Os processos de desocupação foram realizados seguindo a mesma estratégia. Os técnicos e pesquisadores inicialmente foram à localidade para preparar o trabalho, medir, mapear, examinar e planear. Tratando-se de Barcarena, chegaram pessoas muito diferentes dos moradores locais, a grande maioria do sul do país e do Japão, sem qualquer pretensão de continuar residindo no local e cuja presença impactou a vida da comunidade, como ressaltado por Entrevistado - A:

> ***Acho que qualquer projeto tem a promessa de desenvolver o local onde ele está a realizar as suas atividades, mas que desenvolvimento é esse? Desenvolvimento que não prepara filhos da terra para trabalhar na empresa. Você traz gerente da empresa de outros países, mineiro de Minas Gerais, caldeireiro de Salvador, montador paulista, ou seja, alto escalão todo de fora, onde é que está o emprego sonhado pelo povo barcarenense? Colocam o povo barcarenense como zelador, roçador, vigilante, serviço gerais, copeiro, ajudante de cozinha. Cadê o desenvolvimento que nos prometeram?***

Ele destaca ainda que a implementação do projeto não foi satisfatória para a população do município, especialmente para os trabalhadores rurais que, além de não terem se beneficiado do projeto, tiveram seu estilo de vida desestruturado, pois foram deslocados para outros locais, o que resultou na perda de suas bases de sobrevivência. Essa retirada traduziu-se em rutura das suas práticas tradicionalmente desenvolvidas, uma vez que as novas localidades para onde foram instalados, apresentaram aspectos totalmente diferentes dos locais anteriormente habitados, em termos económicos, sociais e culturais, o que originou uma desestruturação das bases tradicionais da sociedade local.

Na época, os habitantes viviam essencialmente da pesca fluvial, de pequenas explorações agrícolas e de pequenos comércios, e não estavam preparados para mudar suas profissões ou estilos de vida de um dia para o outro. Em consequência disso, de acordo com o Entrevistado - A esse processo refletiu nas suas emoções, porque os vínculos que possuem com a terra não é apenas material, mas também simbólico[4]:

[4] A dimensão simbólica, vocacionada pelos estudos das Ciências Sociais e Humanas, refere-se às sensibilidades, emoções e imaginação que estão presentes nas relações que as pessoas estabelecem com os lugares onde vivem. A ligação dos moradores com o seu lugar de origem é marcada por sentimentos e recordações emocionais, por causa das amizades, dos laços que tiveram com o local, com os familiares e a rede de solidariedade que se criou ao longo do tempo. Além disso, nas comunidades existem cemitérios onde estão enterrados os seus entes/famílias, pelo que a mudança para outro local implica a necessidade de deixá-los para trás.

> ***Muitos velhos morreram "apaixonados". A pessoa morre apaixonada pelo lugar dela, pelo seu ambiente, ou seja, pelo que ela tinha. Por exemplo, antes da implementação se você viesse me visitar na minha casa, se eu chamasse o meu filho para pegar a linha e o anzol para ir ao rio a pescar, não muito longe, pegávamos cinco peixes tucunaré[5] dos grandes. E agora pergunto a ti: como é que vai me tirar desse lugar para me colocar numa casa de 10 sobre 30 [refere-se ao tamanho]? Não acha que vou passar mal? Foi isso que nos aconteceu, de forma injusta e sem meio para sobreviver, pois tudo mudou, provocando assim a morte de muitos velhos; morrendo apaixonados de tristeza, vendo suas terras tomadas para a construção das casas industriais para moradores do complexo Albrás/Alunorte.***

Ainda segundo Hazeu (2015), enquanto a população local sofria as consequências da perda de território, das suas referências culturais e sociais e da sua base de sobrevivência, muitos migrantes chegavam ao município a procura de trabalho na construção do complexo urbano industrial-portuário. A partir da década de 1980, em decorrência das possibilidades que tal projeto geraria e, incentivados pelas propagandas do governo que anunciavam que melhores condições de vida seriam geradas, trabalhadores de várias localidades do Pará e de outros estados do Brasil se deslocaram para a Barcarena em busca de trabalho.

Diante da inviabilidade de continuar suas atividades tradicionais, a população local teve dificuldade de se inserir nessa nova dinâmica do município, pois viviam essencialmente da pesca e da agricultura, assim sendo, as oportunidades de trabalho no projeto tornaram-se difíceis e o subemprego tornou-se uma nova realidade. Episódios da insatisfação dos residentes a respeito do projeto em seus territórios são salientados por Entrevistado - A:

> ***são as consequências da chegada do projeto. Ainda não estou falando dos 35 anos de atividades, isso é uma introdução das consequências, ainda não é problema, pois só estou falando do deslocamento da comunidade. O povo da Burajuba, Conceição, Boavista e Tauá, foram todos deslocados com direito a só uma casinha. Tudo isso é só na fase da instalação, ainda não estou falando da fase da produção, essas consequências são só para a limpeza do local onde foi construída a fábrica.***

[5] Espécie de peixe natural da Amazónia

Durante a reunião foi relatado ainda, , em complemento aos fatos acima mencionados, uma série de incidentes ambientais que afetam seriamente sua vida e a produção, os quais estão associados, de forma direta ou indireta, ao processo de refino e exportação de bauxite e seus derivados.

De facto, o município de Barcarena em relação aos impactes não é diretamente afetado pela actividade extrativa por se tratar de apenas uma área encarregada de realizar o processamento da bauxite (lavagem química de bauxite para produção de Al_2O_3) provenientes de Paragominas, via mineroduto 250 km de distância (Figura 19), e da Mineração Rio do Norte (MRN), via porto de Vila do Conde. Contudo, a administração e exploração da zona industrial tem provocado graves incidentes ambientais nas comunidades, destacando-se entre eles, o transbordo de barragens de lama vermelha e a intensificação permanente da poluição industrial que constituem uma ameaça potencial para a população da região na sua totalidade.

Figura 19: Mineroduto (Amazónia Real, 2018)

Assim, o explica o Entrevistado – C, que é um dos residentes da zona industrial e membro do MAMA, que se encontra situado apenas a 1 km das instalações da Hydro e a 3 km da barragem de Depósitos de Rejeitos Sólidos (DRS1) :

> ***A Barcarena nesse projeto da exploração vem ser o lugar onde acontece a produção de alumina. A gente é atingida diretamente devido a falta de onde colocar a lama vermelha após o processo da transformação de bauxita em alumina. Se tu sair aqui fora, tem duas bacias de rejeitos, uma antiga, que já está cheia e que há dez dias foi interditado o seu uso.***

Para o armazenamento de resíduos da mineração, as empresas constroem as barragens de rejeitos. Esses rejeitos contêm altas concentrações de produtos químicos, no caso da bauxite, depósitos de lama vermelha, rochas finamente moídas e água que permanece após a separação dos metais dos minerais. As barragens de rejeitos são construídas à medida que os depósitos são extraídos do subsolo e se desenvolvem com a expansão da mina. De acordo com Hazeu (2019), a Hydro possui duas barragens de rejeitos(a DRS1 e a DRS2), porém a empresa se recusa a tratar o local de rejeitos como barragem (Figura 20) e o denomina como bacia ou depósito e, portanto não estão mencionados na listagem da Agência Nacional de Mineração de 2019, nos discursos e no próprio processo de licenciamento ambiental no qual as áreas são tratadas como DRS.

Figura 20: Bacias da Alunorte, em Barcarena (Jornal o liberal, 2019)

Ainda explica Hazeu (2015), esse processo de autodefinição realizado pela empresa iniciou-se com a inauguração da Alunorte em 1995. Segundo Jondison Cardosos Rodrigues (2019) no Relatório Anual da Alunorte, de 2009, ano do grande desastre provocado pelo transbordo da barragem de rejeitos, a primeira célula do DRS foi iniciada em 1995, em uma área de aproximadamente 15 ha; em 2009, a barragem já ocupava cerca de 130 ha e esses rejeitos quando transbordaram atingiram as nascentes e percurso do rio Mucurupi, afetando diretamente, a vida de quase 100 famílias que

moram na área e, indiretamente, milhares de outras famílias que dependem dos rios. Essas família ficaram sem água para beber, para o uso doméstico e ainda foram impedidas de pescar para se alimentar, pois os poços utilizados para abastecimento doméstico também foram poluídos por metais pesados.

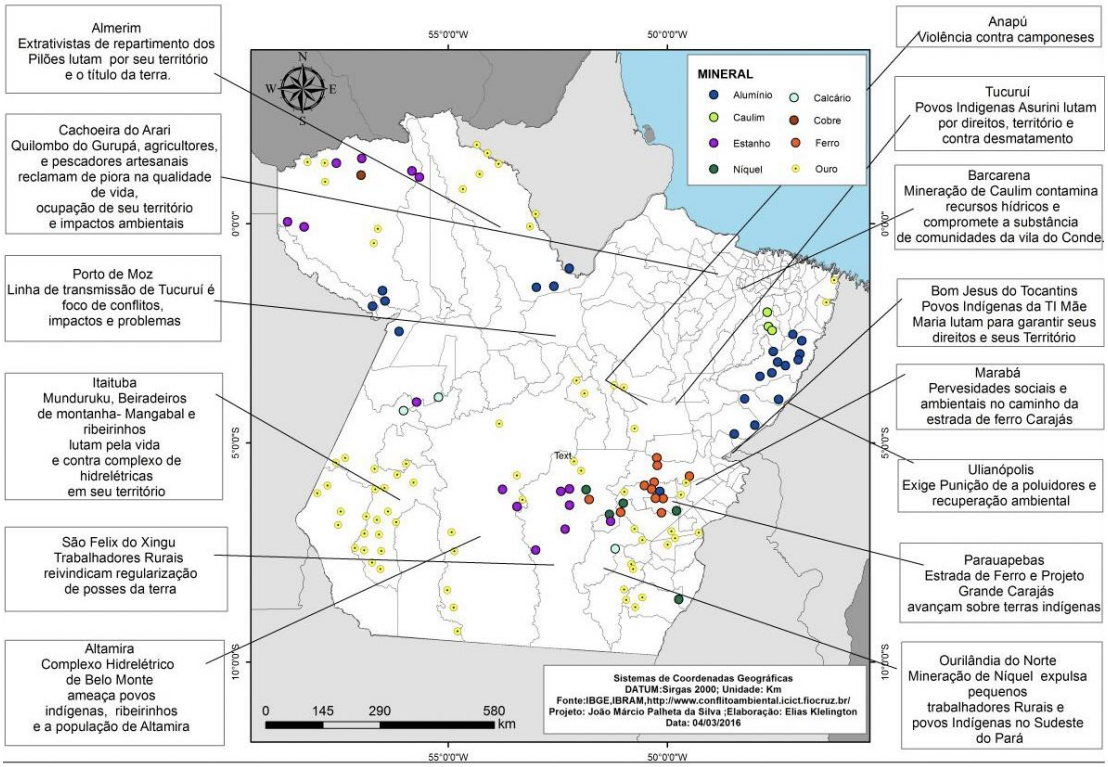


Figura 21: Conflitos pelo uso do território na Amazônia mineral (Silva, Silva, Neto, & Nascimento, 2017)

Conflitos pelo uso do território são recorrentes na Amazónia paraense, como pode observar na Figura 21 que apresenta uma síntese dos conflitos territoriais de uso diferenciado das atividades, no estado do Pará, envolvendo diferentes processos entre as sociedades locais e os grandes empreendimentos. Segundo Márcio Palheta da Silva, Nunes Silva, Oliveira Neto, & Rodrigues do Nascimento (2017), com atividades desenvolvidas a partir da mineração industrial, houve uma grande variedade de conflitos que são fruto direto da atividade mineradora que é desenvolvida a partir da lógica da acumulação por espoliação, mesmo que o discurso seja baseado em ideias como responsabilidade ambiental e social.

Somam-se a isso, outros tipos de impactes apontados pelos residentes da comunidade. A preocupação da comunidade está relacionada ao uso do solo que é uma das bases de

sustento, pois também são agricultores e usam o solo para produzir seus produtos, conforme referido, abaixo, por Entrevistado - C, salientando:

> ***Nós constatamos logo após esse desastre, a infertilidade no solo. As plantas, por exemplo, davam muitas frutas, mas hoje não dão mais. Mas a empresa, associa isso à outras coisas, diz que o solo está fraco, mas nunca assume a culpa diretamente, sempre fala que a culpa de não produzir mais é da terra.***

Outros impactes apontados pelo Entrevistado – C são nomeadamente, o barulho contínuo decorrente das embarcações que ali atracam e a poeira provocada pela secagem da lama vermelha que pode provocar danos ambientais e efeitos tóxicos por conter alta concentração de alcalinidade:

> ***Além da lama vermelha, tem a questão do rio, à noite, onde os navios atracam para fazer exportação e a gente consegue ouvir os barulhos deles. É importante explicar que a bauxita, vem para Barcarena de duas maneiras: de Paragominas pelos dutos - eles colocam as pedras de bauxita e empurram com água; e de navios que vem de Trombetas, onde a empresa tem porto que recebe a bauxita e exporta alumina. Então, além de sermos atingidos por essa bacia de lama vermelha, que vai ficar aí sem nenhuma finalidade, na época do verão ela seca. Como a área é muito próxima do mar, cerca de 134 km, normalmente é jogada em bacia em forma líquida e com o tempo ela seca, o vento levanta essa poeira da lama vermelha, e a transporta em forma de poeira, o que pode provoca efeitos tóxicos para a população.***

Nos primeiros dias do rompimento da barragem dos rejeitos químicos, enquanto a Hydro mantinha as atividades normais da refinaria, famílias de ribeirinhos e quilombolas de Barcarena estavam usando água contaminada por Pb, NO_3^-, Na e Al. Com as consultas bibliográficas e o encontro com a população local, concluiu-se que essas barragens são umas das mais perigosas da região devido a matéria contida ser muito tóxica (NaOH e As) e pela sua dimensão (mais de 100 ha) (Amazónia Real, 2018) que, em caso de rutura, pode afetar uma grande área de território (Santos A. F., 2019). Esse fato foi profundamente lamentado pelo Entrevistado - A:

> ***Uma das coisas que a produção de bauxite faz connosco é nos matar lentamente. Como? Envenenando os nossos rios. A bauxita é triturada, cozida e lavada para ser retirada a alumina e o alumínio. Essa água é jogada para piscina (barragem), depois, ela é tratada e é jogada para o rio.***

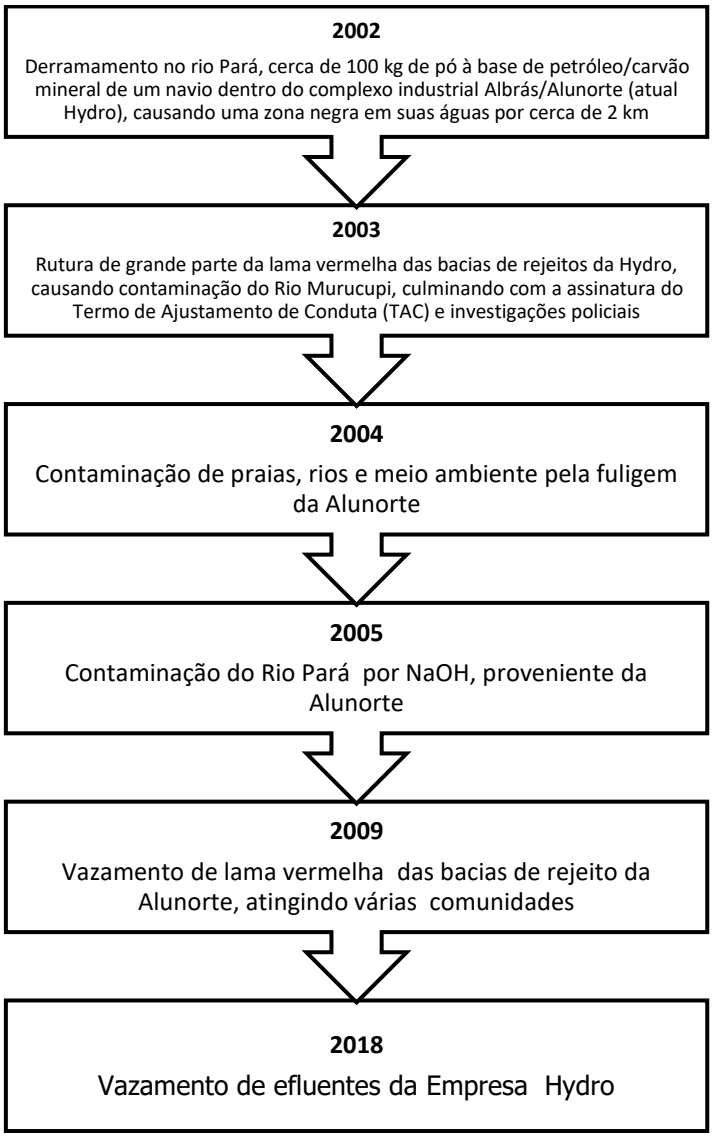
Matéria veiculada no Brasil de Fato (2018), aponta que a empresa não realiza um controle de análise de metais pesados e de seus efluentes que são despejados no rio Pará, em Barcarena, a empresa faz apenas a monitorização de pH e turbidez de seus efluentes de rejeitos químicos. Esse facto, também é comentado por Entrevistado - C:

> ***O lençol freático está contaminado com metais pesados, o povo aqui tem dor de estômago, dor intestinal, dor de cabeça terrível, está havendo agora muito caso de Alzheimer, está havendo caso de mal de Parkinson, câncer de todo o tipo, muita insuficiência respiratória, muita alergia, não pode tomar mais banho no rio. Essa bacia já transbordou 3 vezes e toda vez que transborda e cai nesse rio é mortandade de peixes. Agora pergunto a ti: o que a empresa nos trouxe de benefício?***

No decurso do encontro com a comunidade de Barcarena, o líder da comunidade, forneceu um manual[6] sobre um levantamento da qualidade da água potável de Barcarena, realizado pela UFPA, que identificou a presença de metais pesados nas amostras de água coletadas, tendo como exemplo o Pb, o seu conteúdo encontrado foi 12 vezes superior ao tolerado pelo Ministério da Saúde. Nesse manual, estão listados alguns acidentes ambientais ocorridos na região, extraídos do Relatório Final da Comissão Externa das Bacias de Rejeitos de Mineração em Barcarena, de 2018, os quais foram sistematizados e apresentados em uma linha do tempo (Tabela 15).

[6] BARCARENA LIVRE INFORMA 1: "37 anos de desastres socioambientais em Barcarena". Em Barcarena, no Pará, várias comunidades denunciam há 37 anos as constantes violações sofridas desde que ali se instalou o polo de processamento da bauxite e caulim e hoje se sentem ameaçadas com a possibilidade de novos desastres dessa proporção (Carmo, Silva, Marcel, Fialho, & Gayoso, 2016).

Tabela 15: Linha do Tempo dos Impactes provocados pela Hydro em Barcarena (Carmo, Silva, Marcel, Fialho, & Gayoso, 2016)



É possível observar que entre os anos 2002 e 2018 aconteceram acidentes de graves dimensões. De acordo com Figueiredo dos Santos (2019), nos últimos 15 anos, em média, um acidente com um grave impacte ambiental ocorreu a cada nove meses em Barcarena, gerando danos ao meio ambiente ao poluir rios e nascentes, contaminar plantas e o solo, desestabilizando numerosas comunidades, cujas famílias vivem principalmente da pesca, da agricultura e do extrativismo.

É importante destacar que os danos não ficam restritos aos residentes próximos das instalações da empresa, mas se estendem a toda população do município que, atualmente, possui aproximadamente 124.680 habitantes (IBGE, 2018). A pretensão da empresa de acelerar a exploração mineral, em virtude da procura por minérios cada vez

mais crescente, não tem sido acompanhada de um controlo rígido das medidas de mitigação, gerando, por sua vez, efeitos irreversíveis na natureza e no dia a dia dessas famílias. Embora atividades de responsabilidade social tenham sido adotadas, elas não têm resolvido os problemas sociais e ambientais decorrentes do deslocamento da comunidade, como podem ser observados a seguir.

4.5. Responsabilidade social do projeto

A Hydro desenvolve alguns projetos nas localidades por elas impactadas com o objetivo de atenuar os impactes provocados. Algumas dessas iniciativas acontecem em parceria com o governo do município e instituições de ensino, como a Universidade Federal Rural da Amazônia.

As ações são diversas e envolvem jovens, através do desporto e cidadania, de forma a contribuir para o crescimento, desenvolvimento e inclusão social e cultural das crianças e adolescentes de Barcarena, com destaque aos projetos de inclusão digital (Norsk Hydro Brasil, 2013). Outros estão voltados para o fortalecimento das atividades produtivas desenvolvidas pelos moradores das comunidades, para a melhoria das condições básicas de abastecimento de água e saneamento no município, entre outras ações.

A maioria das comunidades carece do apoio de programas governamentais, tais como projetos sociais, saneamento básico, entre outros. De facto, as ações das empresas são muitas vezes as únicas a chegar ao seu território. Contudo, alguns residentes acreditam que essa é uma forma de divergir a comunidade, pois se uma parte concorda em participar nos projetos desenvolvidos, a outra se recusa, considerando que é uma forma de a empresa tentar controlar a população e privá-la de sua capacidade de autonomia para contestar contra eventuais desastres ambientais cometidos por ela. Ainda há alguns residentes que dizem que os projetos desenvolvidos pela empresa são limitados a um pequeno número de pessoas e não atendem a toda a comunidade.

Com isso, nota-se como é fundamental cumprir com o que foi referido nos capítulos anteriores, acerca da necessidade de diálogo entre todas as partes envolvidas para alcançar uma iniciativa comum que beneficie toda a comunidade, respeitando a

autonomia da comunidade para questionar e expressar suas insatisfações. Quando isso não acontece, as ações sociais desenvolvidas pelas empresas funcionam apenas como um serviço de marketing, visando promover sua imagem de empresa socialmente responsável, enquanto a realidade e os relatos da população revelam o contrário.

5. Considerações finais

As atividades mineiras constituem uma das atividades económicas mais importantes e evidentes do mundo em que vivemos. Tal relevância pode ser observada em nossas casas, hospitais, infraestruturas e no sector industrial. Esta realidade manifesta-se ainda claramente quando se fala de telecomunicação, transportes, tecnologia, agricultura e produtos alimentares.

A mineração é fundamental para manter o nível de vida e fazer avançar os conhecimentos tecnológicos inovadores e o desenvolvimento sustentável. Para ilustrar a relevância da utilização dos recursos minerais para a sociedade, pode destacar-se neste contexto o interesse de bauxite e seus derivados na sociedade.

A bauxite é uma das matérias-primas mais utilizadas na sociedade moderna. Analisando-se bem seus usos e aplicações, torna-se imprescindível de imediato imaginar-se um mundo sem o Al que é seu principal produto. Por ser um metal não ferroso cujas características são maleabilidade, resistência à corrosão e baixa densidade, bem como sua facilidade de fundição com outros ao formar ligas, tornam-no uma matéria-prima essencial.

A produção de Al requer condicionantes, entre os quais as energéticas, o que faz com que os países que dispõem de energia barata sejam os mais beneficiados. Assim sendo, a sua produção final é totalmente dominada pela China que representa mais de metade das importações mundiais.

Por outro lado, as atividades extrativas de minérios, sendo uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento humano, está entre as atividades antrópicas que mais causam impactes socioeconómicos e ambientais negativos, afetando, portanto, o território onde se realiza a mineração. Os referidos impactes negativos estão presentes em todas as fases do ciclo de exploração. Além disso, as operações realizadas na área exploratória alteram de forma significativa a qualidade do ambiente físico, acarretando uma série de consequências como desmatamento, erosão, contaminação dos corpos hídricos, grande dispersão de metais pesados, transformações na paisagem e deterioração da fauna e flora. Esse facto afeta simultaneamente o estilo e a qualidade de vida das pessoas pertencentes à área minerada.

No caso analisado como exemplo, o município Barcarena, que faz parte da região Amazônica, no Norte do Brasil, que é uma das regiões, com grande potencial de exploração mineral da bauxite, o município se destaca por ter infraestrutura montada para transformação e exportação do produto, a ampliação do porto é um dos elementos de destaque além do planeamento de ferrovias que vão conectar o centro-oeste brasileiro ao porto de Vila do Conde em Barcarena, essa tendência de aumentar a infraestrutura e conectar cada vez mais a Amazónia ao mundo, pode e tem elevado o grau de conflitos envolvendo interesses das comunidades e os grandes empreendimentos mineradores.

Neste especto, é irrefutável que a actividade extrativa não contribui positivamente para o desenvolvimento da região e careça igualmente de ser devidamente analisada de forma pormenorizada a questão da degradação ambiental, no que diz respeito aos desastres ambientais, assim como as poluições originadas pelo tratamento e transportes de minérios.

Considerando tratar-se de uma região fortemente afetada por desastres ambientais desde 2000, que vão desde ruturas de minerodutos nas instalações industriais até derrames de substâncias químicas nos rios e emissões de partículas tóxicas para a atmosfera, é importante enfatizar que os impactes podem ser atenuados mediante a adoção de um plano de gestão ambiental eficaz realizado na base de AIA. Neste sentido, para uma exploração que cause menos impactes ao ambiente, ou seja, uma exploração sustentável, torna-se, portanto, absolutamente imprescindível a realização de um preliminar, fundamentado e baseado na experiência profissional especializada e no conhecimento técnico. A sua realização ocorre geralmente antes da execução de projecto e deve ser centrada em torno dos seguintes meios: físico, biótico e socioeconómico.

O meio físico compreende a análise do solo, da terra, da água e do ar. Nesse estágio, torna-se importante observar os aspetos físicos da região, a hidrografia local, a geologia, o clima e a qualidade do ar. Deve-se ter em conta os possíveis impactes que o projecto poderá suscitar, como a contaminação do solo e da água ou a poluição do ar, e quais as soluções adequadas para o problema potencial.

No que se refere ao meio biótico, trata-se da avaliação da fauna e flora da região. Nesse meio, deve realizar-se um trabalho de campo para identificar e fazer um levantamento das espécies vegetais e animais presentes na área e, a partir daí, desenvolver formas de preservar o habitat ou garantir a sobrevivência das espécies nativas.

Com relação ao meio socioeconómico, os estudos focam em possíveis transformações que possam afetar negativamente as atividades económicas da população, tais como infraestrutura urbana, criação de empregos, saneamento básico, entre outros detalhes.

A actividade mineira é, indubitavelmente, fundamental para o desenvolvimento da sociedade no seu conjunto. No entanto, tal não significa que deva ser efetuada de forma inadequada e sem uma supervisão adequada das suas instalações.

Por conseguinte, justifica-se a necessidade urgente de promover a adoção de medidas que orientem e supervisionem adequadamente a fase executiva de projecto, ou seja, período que vai da extração mineira até ao tratamento final e que incluam também os eventuais impactes que o projecto pode gerar localmente ao longo do tempo. Deve-se ainda considerar o uso sustentável de recursos minerais em questão, de modo a assegurar sua existência para as gerações futuras.

6. Bibliografia

ABAL. (2009). **Aluminio e Bauxita**. (A. B. Alumínio, Produtor) Obtido em 19 de setembro de 2019, de ABAL: http://abal.org.br/

ABAL. (2017). **Bauxita no Brasil: Mineração Responsável e Competividade**. São Paulo: Ponto & Letra. Obtido de http://www.abal.org.br/downloads/ABAL_Relatorio_Bauxita_2017_1.pdf

ABAL. (2018). **Estatística Nacional: Alumínio primário**. Obtido em 25 de setembro de 2019, de ABAL: http://abal.org.br/estatisticas/nacionais/aluminio-primario/

Agnès, F. (2018). **En Guinée, les habitants de Boké pâtissent du boom de la bauxite**. Obtido em 9 de outubro de 2019, de Reporterre, le quotidien de l'ecologie: https://reporterre.net/En-Guinee-les-habitants-de-Boke-patissent-du-boom-de-la-bauxite

Amazónia Real. (2018). **Justiça e Ibama punem mineradora Hydro por danos ambientais em Barcarena**. (C. Barbosa, Produtor) Obtido em 15 de outubro de 2019, de Meio Ambiente: https://amazoniareal.com.br/justica-e-ibama-punem-mineradora-hydro-por-danos-ambientais-em-barcarena/

Amazónia Real. (2018). **Meio Ambiente**. (C. Barbosa , Editor) Obtido em 30 de setembro de 2019, de Amazónia Real: https://amazoniareal.com.br/vazamento-de-rejeitos-da-hydro-alunorte-causa-danos-socioambientais-em-barcarena-no-para/

Antoniassi, J. L. (2010). **Difração de Raios X em Minerais de Bauxita e Análise Através de Refinamento pelo Método de Rietveld**. São Paulo: Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Mestre em Ciências. Obtido de https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-23112010-090249/publico/Dissertacao_Juliana_Livi_Antoniassi.pdf

Antunes, M. L., Conceição, F. T., & Navarro, G. B. (2011). **Caracterização da Lama Vermelha Brasileira (Resíduo do Refino da Bauxita) e Avaliação de suas Propriedades para Futuras Aplicações.** 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. doi:http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/4/Antunes_MLP%20-%20Paper%20-%206B4.pdf

Araujo, E. R., & Fernandes, F. C. (2017). **Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais**. Em C. –C. Mineral, Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais (pp. 66-83). São Paulo: Mineração no Brasil. Obtido de http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1909/1/conflitos_ambientais_cap.2%20p65.pdf

Ayan, B. L., Braga, D. G., Carvalho, L. P., & Freire, M. M. (2017). **Levantamento de rede de atendimento à criança e ao adolescente em Barcarena-PA**. Belém: Catalogação na Publicação (CIP). Obtido de https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/14/Relatorio%20de%20Barcarena.pdf

Barros, M. B. (2009). **Mineração, finanças públicas e desenvolvimento local no Município de Barcarena-Pará**. Belém: Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em geografia. Obtido de http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/5023/1/Dissertacao_MineracaoFinancasPublicas.pdf

Bebbington, A. J., & Bury, J. T. (2009). **Institutional challenges for mining and sustainability in Peru**. *106*(41). Obtido de https://www.pnas.org/content/106/41/17296

Brasil de Fato. (2018). **Hydro não faz controle de metais pesados no rio Pará, aponta CPI**. (L. Campelo, Editor) Obtido em 23 de agosto de 2019, de Fiscalização: https://www.brasildefato.com.br/2018/06/29/hydro-nao-faz-controle-de-metais-pesados-no-rio-para-aponta-cpi/

Cardoso, J. R., Carvalho , P. L., Fonseca, P. M., Silva , M. M., & Rocio, M. R. (2011). **A indústria do alumínio: estrutura e tendências**. Rio de janeiro : BANDES Biblioteca Digital. Obtido de https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2499/3/A%20BS%2033%20A%20ind%c3%bastria%20do%20alum%c3%adnio_estrutura%20e%20tend%c3%aancias_P.pdf

Cardoso, J. R., Carvalho, P. L., Fonseca, P. M., Silva , M. M., & Rocio, M. R. (2015). **A indústria do alumínio: estrutura e tendências**. Brasília: BNDES Setorial - Biblioteca Digital. Obtido de https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2499/3/A%20BS%2033%20A%20ind%c3%bastria%20do%20alum%c3%adnio_estrutura%20e%20tend%c3%aancias_P.pdf

Carmo, E., Silva, J. R., Marcel, H., Fialho, N., & Gayoso, S. (2016). **Barcarena Livre Informa: 37 anos de desastres socioambientais em Barcarena**. Belém: IBASE/NAEA/ICSA/UFPA. Obtido de https://ibase.br/pt/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/02/IBASE_INFORMATIVO-BACARENA_V3.pdf

Carmo, M. S., & Costa, S. F. (2016). **Os paradoxos entre os urbanos no município de Barcarena, Pará**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 8(3). doi:10.1590/2175-3369.008.003.AO01 ISSN 2175-3369

Carvalho, A. (1989). **As Bauxitas no Brasil: Síntese de um Programa de Pesquisa**. São Paulo: Concurso para obtenção do título de livre - Docente junto ao Departamento de Geologia Geral, na Área de Conhecimento de Geoquímica . doi:10.11606/T.44.2013.tde-12082013-160544

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. (2013). **Polo industrial causa danos socioambientais em Barcarena (PA)**. Estudos de caso. Obtido de http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ListaVerbetes.aspx

Chagas, G. M. (2018). **Uso de lama vermelha e glicerol como precursores de materiais**. Lavras: Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, área de concentração Química/Bioquímica, para a obtenção do título de Doutor. Obtido de http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29172/2/TESE_Uso%20de%20lama%20vermelha%20e%20glicerol%20como%20precursores%20de%20materiais%20com%20propriedades%20redox.pdf

Coelho, T. P. (2015). **A Questão Mineral no Brasil - Projeto Grande Carajás-Trinta anos de desenvolvimento frustrado** (2ª ed., Vol. 1). Marabá: Editorial iGuana. doi:978-8568819-04-3

Colniza Notícias. (2014). **Novos projetos da Votorantim Metais priorizam zinco e bauxita**. (Assessoria) Obtido em 26 de setembro de 2019, de Colniza Notícias: https://www.colnizamtnoticias.com.br/artigo/novos-projetos-da-votorantim-metais-priorizam-zinco-e-bauxita

Comissão Pró-Índio de São Paulo. (2016). **MPF recomenda suspensão de mineração em terras quilombolas no Pará**. (B. Pyl, Editor) Obtido em 25 de agosto de 2019, de Comissão Pró-Índio de São Paulo: http://comissaoproindio.blogspot.com/2016/09/mpf-recomenda-suspensao-de-mineracao-em.html

Corrêa, R., Ruiz, M. S., & Roic, E. (2014). **Conflitos Socioambientais Relacionados aos Impactos do Uso e Ocupação do Solo pela Mineração Subterrânea de Carvão em Criciúma - SC**. XXXVIII Encontro da ANPAD. Obtido de http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/73/2014_EnANPAD_APB1457.pdf

Deshaies, M. (2011). **Grands projets d'exploitation minière et stratégie des firmes pour se rendre environnementalement acceptables.** L'espace Politique. doi:https://doi.org/10.4000/espacepolitique.2113

Dias, L. P., Coelho, E. S., & Silva, R. G. (2016). **Plano de fechamento de mina: alternativas para reutilização da área impactada.** Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, 5(1). doi:http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v5e12016371-394

Durand, I. (2002). **La Bauxite**. Obtido em 22 de setembro de 2019, de Sciences de Vie et de la Terre: http://bertin.svt.free.fr/index.htm

Ernesto, B. F., Cristina, M. M., & Motta, M. (2006). **Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas**. 12(2). Obtido de http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10888/

Folha de São Paulo. (2010). **Vazamento tóxico é um "desastre sem precedentes na Hungria**. (A. Press, Editor) Obtido em 1 de novembro de 2019, de Folha de São Paulo: https://www1.folha.uol.com.br/mundo/811624-vazamento-toxico-e-um-desastre-sem-precedentes-na-hungria-diz-premie.shtml

Fonseca , A. L. (2019). **Alumínio**. Minas Gerais: Instituto de Geociências (IGC/UFMG). Obtido de http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Aluminio.pdf

France Chimie. (2018). ***Aluminium***. (J. L. Vignes, Produtor) Obtido em 21 de outubro de 2019, de L'élémentarium: https://www.lelementarium.fr/element-fiche/aluminium/

Fundação Cultural Palmares. (2016). **Informações Quilombolas**. Obtido em 24 de setembro de 2019, de Fundação Cultural Palmares: http://www.palmares.gov.br/

Gardner, J. (março de 2015). **Restaurer les sites miniers pour atteindre des objectifs d'utilisation des terres: l'extraction de la bauxite dans la forêt de jarrah en Australie-Occidental**. Em F. -O. l'agriculture, Récupération des sites dégradés (Vol. 52). Applecross: Revue internationale des forêts et des industries forestières. doi:ISSN 0251-1053

Hazeu, M. T. (2015). **O não-lugar do outro: Sistemas migratórios e transformações sociais em Barcarena**. Belém: Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de doutor em ciências socioambientais. Obtido de http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/7771/1/Tese_LugarOutroSistemas.pdf

IBGE. (1974). **Projeto do II Plano Nacional de Desenvolvimento PND (1975-1979)**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. doi:2408472100

IBGE. (2018). **Cidades e Estados: Barcarena.** Obtido em 23 de setembro de 2019, de IBGE: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/barcarena.html

IOS. (2008). **Estudo da cadeia produtiva do alumínio na região norte do Brasil**. Brasília: Instituto Observatório Social. Obtido de https://docplayer.com.br/18519593-Estudo-da-cadeia-produtiva-do-aluminio-na-regiao-norte-do-brasil.html

Jesus , T., & Madeiro, A. T. (2007). **A flexibilização das relações de trabalho na Albrás e suas consequências para a família dos trabalhadores**. 3ª Jornada Internacional de Políticas Públicas. Obtido de http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIII/html/Trabalhos/EixoTematicoB/c208632552672e0154acTHEREZINHA%20MADEIRO_VERA%20L%C3%9ACIA%20GOMES.pdf

Jornal da UNICAMP. (2017). **Tragédia ocorre em momento de crise na mineração**. (R. Almeida, Produtor) Obtido em 21 de agosto de 2019, de Edição web da jornal da UNICAMP: https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/noticias/2017/12/12/tragedia-ocorre-em-momento-de-crise-na-mineracao

Jornal o liberal. (2019). **Depósitos da Hydro em Barcarena são os mais perigosos**. (V. Furtado , Produtor) Obtido em 21 de setembro de 2019, de O Liberal digital: https://www.oliberal.com/para/dep%C3%B3sitos-da-hydro-em-barcarena-s%C3%A3o-os-mais-perigosos-1.57349?page=4

Jornal Pessoal & Gramsci e o Brasil. (2010). **A história da Albrás, grande desconhecida**. (L. F. Pinto , Produtor) Obtido em 3 de outubro de 2019, de Gramsci e o Brasil: https://www.acessa.com/gramsci/?page=visualizar&id=1185

Junior, A. P., & Lima, N. A. (junho de 2018). **Avaliação Qualitativa dos Impactos Ambientais durante o processo produtivo da mineração de Areia no Rio Xingú. Altamira-PA**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. doi:DOI:10.19177/rgsa.v7e22018230-259

King, H. M. (2017). **Bauxite**. Obtido em 22 de setembro de 2019, de Geology.com: https://geology.com/minerals/bauxite.shtml

Le Monde Diplomatique. (2019). **O mapa dos conflitos da Vale no Brasil**. (B. Saes, Produtor) Obtido em 12 de outubro de 2019, de Tragédias anunciadas: https://diplomatique.org.br/mapa-conflitos-mineracao-extrativista-vale-brasil/

Leite , I. B. (2000). **Os Quilombos no Brasil: Questões conceituais e Normativas**. Florianópolis: Luiz Antonio Blasi. Obtido de https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/126236/Textos%20e%20Debates%20No%207.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Lima, M. S. (2015). **Avaliação do emprego de lama vermelha no desempenho à deformação permanente de misturas asfálticas a quente**. Florianópolis: Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Obtido de https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/158875/337471.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lôbo, M. A. (1996). **Estado e Capital: Transnacional na Amazônia, o caso da Albrás-Alunorte**. Belém: UFPA/NAEA/plades. doi:ISBN-13: 978-8524701825

Maffia, A. C. (2011). **Impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita e proposição de estratégias de formação dos docentes no entorno do paque Estdadual da Serra do Brigadeiro**. Viçosa - MG: Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de PósGraduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae. Obtido de https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/571/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mártires, R. C. (2001). **Alumínio: Balanço Mineral Brasileiro**. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Mineração . Obtido de http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes-economia-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-aluminio.pdf/view

Mecânica Industrial. (2018). **Fundição do alumínio a partir da bauxita**. Obtido em 29 de dezembro de 2019, de Mecânica Industrial: https://www.mecanicaindustrial.com.br/fundicao-do-aluminio-partir-da-bauxita/

Mechatherm: **Alumium cashthouse solutions**. (2015). Casting. Obtido em 23 de dezembro de 2019, de Alumium cashthouse solutions: https://www.mechatherm.com/products/casting/

Mechi, A., & Sanches, D. L. (2010). **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Gestão e Estudos Ambientais, 24(68). doi:https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100016

Mendes, N. (2016). **Licenciamento Ambeintal**. Obtido em 12 de novembro de 2019, de JusBrasil: https://nathymendes.jusbrasil.com.br/noticias/329385038/licenciamento-ambiental

Monteiro, M. A. (2005). **Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional**. Em E. Avançados, Dossiê Amazônia Brasileira I (Vol. 19, pp. 157-166). Belém: Revista USP. Obtido de http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10054

Moraes, R. F. (2019). **Estudo da fração areia da lama vermelha para a produção de revestimentos em liga de alumínio por oxidação eletrolítica assistida por plasma**. Bauro: Dissertação apresentado como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Área de Concentração Saneamento. Obtido de https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/180913/moraes_rf_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Moreira, M. A. (2013). **Programa de reabilitação de minas de bauxita**. São Paulo: Companhia geral de Minas/Alcoa. Obtido de https://pt.scribd.com/document/170425278/PROGRAMA-DE-REABILITAC-A-O-DE-MINAS-DE-BAUXITA

Moura, A. S., Ferreira, E. F., Fukushima, F. K., Neto, T. A., Moutinho, T. P., & Costa, T. V. (2008). **Processo de obtenção do aluminio**. Belém: Universidade Federal do Pará. Obtido de https://pt.slideshare.net/AndreCJr/processo-de-obteno-do-alumnio

MRN. (2012). **Mineração de bauxita**. Obtido em 14 de setembro de 2019, de Mineração Rio do Norte: http://www.mrn.com.br/paginas/pt/sobre-a-mrn/perfil/bauxita.html

Nahum, J. S. (2006). **O uso do território em Barcarena: Modernização e ações políticas conservadoras**. Rio Claro - SP : Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia- Área de Concentração em Organização do Espaço, para obtenção do Título de Doutor em Geografia. Obtido de https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104358/nahum_js_dr_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nicholas, S. (2017). **Os Principais Países Produtores De Bauxita Do Mundo**. Obtido em 4 de outubro de 2019, de Ripley Believes: https://pt.ripleybelieves.com/world-s-leading-bauxite-producing-countries-4648

Norsk Hydro Brasil. (2013). **Projeto Bola pra Frente, Educação pra Gente**. Barcarena: Alunorte Rain Forest. Obtido em 2019, de https://issuu.com/blogarf/docs/projeto_bola_2013/14

Norsk Hydro Brasil. (2016). **Terceiro trimestre de 2016: preço mais alto do alumínio, compensado pelo câmbio e vendas sazonais**. Obtido em 23 de setmbro de 2019, de Norsk Hydro Brasil: https://www.hydro.com/pt-BR/imprensa/noticias/2016/terceiro-trimestre-de-2016-preco-mais-alto-do-aluminio-compensado-pelo-cambio-e-vendas-sazonais/

Norsk Hydro Brasil. (2017). **Mineração de Bauxite**. Rio de Janeiro: Norsk Hydro Brasil. Obtido em 12 de agosto de 2019, de https://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/

Notas Geo. (2018). **Alumínio: produção e mercado**. (M. Gonzalez, Produtor) Obtido em 4 de outubro de 2019, de Geologia e Mineração: https://www.notasgeo.com.br/2018/03/aluminio-producao-e-mercado.html

Parrotta, J. A., & Knowles, O. H. (1999). F**orest Restoration on Bauxite-Mined Lands in Brazil**. Scientific Journal (JRNL), 7(2). Obtido de https://www.fs.fed.us/research/publications/misc/78137-1999-RestEcol-Parrotta-Knowles.pdf

Passos, K. L. M. **Extração de compostos de ferro da lama vermelha utilizando uma rota via tratamento térmico-hidrometalúrgico**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, 2018.

Prefeitura Municipal de Barcarena. (2016). **Inventário da oferta turística de Barcarena**. Barcarena. Obtido de http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_barcarena2011final_2.pdf

Procuradoria Geral do Município. (2018). **Perfeitura Municipal de Barcarena**. Procuradoria Geral do Município. Belém: Município de Barcarena . Obtido de https://apublica.org/wp-content/uploads/2018/08/1.-Historico_Barcarena-PA.pdf

Portelli, Alessando. **História oral como gênero.** In: Projeto História. São Paulo: jun 2001, n. 22.

Qualitec-Applus. (2017). **Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados - Segmento Alumínio** (Vol. 3). (M. P. Gomes , M. B. Olalla, T. M. Souza, T. A. Villegas, & F. M. Pinzón, Edits.) Rio de Janeiro. Obtido de http://www.mme.gov.br/documents/36144/472854/Produto+3.pdf

Qureshi, A., Nordin, R., Yiqian, K., Hua, H., Hooi, T., Ying, T., . . . Ponnudurai, T. (2016). **Environmental and Occupational Health Impact of Bauxite Mining in Malaysia: A Review**. Health, Proceeding of the3rdInternational Conference on Public, 3, pp. 1-14. doi:https://doi.org/10.17501/icoph.2017.3101

Real, A. (2018). **Barcarena_Bacia de Rejeitos.** (A. C. Araújo, Produtor) Obtido em 17 de outubro de 2019, de Impacto ambiental da barragem da mineradora Hydro Alunorte, em Barcarena: https://amazoniareal.com.br/vazamento-de-rejeitos-da-hydro-alunorte-causa-danos-socioambientais-em-barcarena-no-para/barcarena_bacia-de-rejeitos_pedrosaneto_03/

Rede Brasil Atual. (2016). **A Guerra Secreta pela Bauxite**. (T. C. Pública , Produtor) Obtido em 26 de Setembro de 2019, de Amazónia em disputa: https://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2016/08/a-guerra-secreta-pela-bauxita-196/

Resende, E. C. (2012). **Aplicação da lama vermelha como catalisador em processos**. Lavras: Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de PósGraduação em Agroquímica, para a obtenção do título de Doutor. Obtido de http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4982/1/TESE_Aplica%C3%A7%C3%A3o%20da%20lama%20vermelha%20como%20catalisador%20em%20processos.pdf

Rodrigues, J. C., Hazeu, M. T., & Nascimento, S. M. (2019). **Como se produz desastres?: o processo de licenciamento da barragem de rejeitos da Hydro Alunorte, em Barcarena, Pará**. Nucleus, 16(2). doi:10.3738/1982.2278.3590

Rodrigues, M. C. (2019). **Avaliação de Impacto Ambiental – Fazenda Nossa Senhora da Aparecida**. Ananás-TO: SOLO-SÂO - Soluções em Meio Ambiente e Geomensuração. Obtido de https://central3.to.gov.br/arquivo/121934/

Sampaio, J. A., Andrade , M. C., & Dutra, A. B. (2008). Bauxita. Em C. –C. Mineral, A. B. Luz, & F. A. Lins (Edits.), **Rochas & Minerais insdustriais** (2 ed., pp. 311-335). Rio de Janeiro: CETEM. doi:ISBN 978-85-61121-37-2

Sánchez, L. E. (2015). **Avaliação de Impacto Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. doi:978-85-7975-090-8

Santos, A. F. (2019). **Decolonialidade, questão agrárianeoxtrativismo mineral: O teatro da Hydro-Alunorte na Amazônia paraense**. Revista Contraponto, 6. Obtido de https://seer.ufrgs.br/contraponto/article/view/92145

Santos, A. Q., Rocha, G. S., Alves, R. L., Santos, W. G., Lima, I. S., & Palheta, D. C. (2018). **Análise dos aspectos sociambientais da comunidade Bom Futuro, localizada no município de Barcarena, estado do Pará**. III Simpósio do Projeto Metrópole, "Metrópole viva, metrópole em expansão" & I Seminário da Pós-Graduação em Geografia e Meio Ambiente por inteiro". doi:978-85-5722-174-1

Santos, D. H. (2019). **Influência da sílica e temperatura nas propriedades físicas dos agregados sintéticos produzidos com resíduo do processo Bayer**. Belém: Proposta de Tese de Doutorado apresentada ao Programa de PósGraduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, PRODERNA/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor. Obtido em 2019, de http://proderna.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2019/TESE%20DE%20DOUTORADO%20FINAL%20-%20DIEGO%20HILDEBRANDO.pdf

Santos, P. C. (2015). **Compósitos baseados em carvão de pet e lama veremelha como catalizadores para a remoção de contaminantes orgânicos em água**. Poços de Caldas - MG: Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos

requisitos para obtenção do título de Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Alfenas, Campus de Poços de Caldas – MG. Obtido de https://www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2015_2/TCC-Patr%C3%ADcia%20Santos.pdf

Santos, W. M. (2011). **Mineralogia e geoquímica da bauxite derivada do anortosito, Barro Alto e Goías**. Brasília: Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Obtido de https://repositorio.unb.br/handle/10482/10004

Saquet, M. A. (2011). **O desenvolvimento numa perspectiva territorial, multidimensional e democrática.** Artigos & Ensaios, 19(21). doi:https://doi.org/10.20396/resgate.v19i21.8645701

Shinomya , L. (2015). **Planejamento de cenários para uso de resíduos industrias: Aplicação para lama vermelha**. São José dos Campos: Dissertação de mestrado – Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Obtido de http://www.fcmfmpep.org.br/site/sites/default/files/dissertacoes/turma2/Leo_dp-087_2015.pdf

Silva , K. S. (2011). **Influência de aditivos químicos no comportamento reológico da polpa de Bauxita**. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Obtido em 12 de setembro de 2019, de http://ppgeq.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Kelly%20Cristina%20Sarmento%20Silva.pdf

Silva, E. L. (2017). **Alumínio: Ocorrência, obtenção industrial, propriedades e utilização**. Obtido em 12 de outubro de 2019, de Química : https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/aluminio-ocorrencia-obtencao-industrial-propriedades-e-utilizacao.htm

Silva, J. M., Silva, C. N., Neto, A. O., & Nascimento, F. R. (2017). **Conflitos Pelo Uso do Território na Amazônia Mineral**. Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), 16(16023). doi:https://doi.org/10.4215/rm2017.e16023

Statista Inc. (2019). **Ranking de los países con mayores reservas de bauxita en 2018 (en millones de toneladas métricas secas)**. (B. Sevilla, Produtor) Obtido em 2019 de novembro de 2019, de Minería, metales y minerales: https://es.statista.com/estadisticas/600676/reservas-mundiales-de-bauxita-por-paises/

Suarez, G. C. (2012). **Modificação do resíduo de bauxita gerado no processo de Bayer por tratamento térmico**. São Paulo: Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título Mestre de em Engenharia. Obtido de https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-13062013-121328/publico/Diss_MartaGarcia.pdf

Victoria, A. M. (2018). **Argilas e materiais refratários**. Belo Horizonte: Recursos Minerais de Minas Gerais - RMMG. Obtido de http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/ArgilasRefratarios.pdf

Villar, L. S. (2002). **Estudo do adensamento e ressecamento de resíduos de mineração e processamento de bauxita**. Rio de Janeiro: Tese apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. doi:https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.3528

World Aluminium. (2018). **Des recommandations pour une exploitation durable de la bauxit** (1ª ed.). Londres: Instituto Internacional de Alumínio (IAI). Obtido de http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2019/07/15/sbmg_final_francaise_300419.pdf

World Bank. (2018). **Commodity Markets Outlook** (A World Bank Report ed.). Washington: The World Bank. Obtido de http://pubdocs.worldbank.org/en/236551540394193458/CMO-October-2018-Full-Report.pdf