



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**A PROBLEMÁTICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS  
ATIVIDADES MINERO-METALÚRGICAS NO COMPLEXO  
INDUSTRIAL DE BARCARENA - PARÁ NO PERÍODO DE  
2003 A 2018**

**Trabalho apresentado por:**

**NÍVIA CRISTINA CARVALHO DE JESUS**

**Orientador: Prof. Dr. Estanislau Luczynski (UFPA)**

---

**BELÉM- PARÁ**

**2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**A PROBLEMÁTICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS  
ATIVIDADES MINERO-METALÚRGICAS NO COMPLEXO  
INDUSTRIAL DE BARCARENA - PARÁ NO PERÍODO DE  
2003 A 2018**

**Trabalho apresentado por:**

**NÍVIA CRISTINA CARVALHO DE JESUS  
Orientador: Prof. Dr. Estanislau Luczynski (UFPA)**

---

**BELÉM- PARÁ**

**2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

J58p Jesus, Nívia Cristina Carvalho de.

A problemática dos impactos ambientais das atividades minero-metalúrgicas no complexo industrial de Barcarena - Pará no período de 2003 a 2018 /Nívia Cristina Carvalho de Jesus. — 2022.  
xiii, 58 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Estanislau Luczynski  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2022.

1. Mineração. 2. Impacto ambiental. 3. Barcarena-Pa. I.Título.

CDD 558.115

---



**Universidade Federal do Pará  
Instituto de Geociências  
Faculdade de Geologia**

# **A PROBLEMÁTICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES MINERO-METALÚRGICAS NO COMPLEXO INDUSTRIAL DE BARCARENA - PARÁ NO PERÍODO DE 2003 A 2018**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO POR:**

**Nívia Cristina Carvalho de Jesus**

**Como requisito à obtenção do Grau de Bacharel em Geologia. Área de Economia Mineral e linha de pesquisa em Mineração, meio ambiente e sustentabilidade.**

**Data de Aprovação:** 20 /07/ 2022

**Conceito:** Excelente

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Estanislau Dyczynski.  
(Orientador – UFPA)

---

Evaldo Raimundo Pinto da Silva  
(Membro – UFPA/IG)

---

Raimundo Nonato do Espírito Santos dos Santos  
(Membro externo - PPRH)

*Dedico a minha mãe, Ana Raquel.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha família que acreditou em mim e me estimulou nos meus estudos, a minha mãe, Ana Raquel, por ser uma mãe zelosa e carinhosa que me forneceu apoio e inspiração ao longo desses anos, ao meu irmão, João Gustavo, por sempre conversar comigo e ser companheiro, ao meu pai, Paulo, pelo entusiasmo e suporte. Ao meu amado gato Dwight. Agradeço a família Pereira Carvalho pela motivação, incentivo e admiração, sobretudo a minha avó Maria Arlete, tio Márcio, tia Patrícia e Moacir e o Bill. E agradeço a família Jesus por sempre promover e estimular o hábito de estudo, principalmente tia Márcia, tia Elen, tia Gorette, tio Rubinho, tio Luís Sérgio, tia Socorro e tio Valdemar. E as minhas primas Nicole e Luiza e meus outros primos.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, para mim é uma honra obter o título de bacharel na maior universidade do norte, ao Instituto de Geociências por fornecer uma ótima estrutura de ensino aos seus alunos. Ao professor Dr. Estanislau por aceitar ser meu orientador e embarcar nesse trabalho junto comigo. Sou grata a Biblioteca do Instituto de Geociências pelas recomendações e atenciosidade. Agradeço as pessoas que me ajudaram nos trabalhos da faculdade e que me agregaram muito: Isabella Paiva, André Arguelhes, Giulliana Paraense, Iolanda Gomes, Gabriel Ripardo e Camila Sandy.

Agradeço aos órgãos públicos que me ajudaram a desenvolver esse trabalho em especial ao Cartório da Polícia Civil - Divisão Especializada em Meio-Ambiente e Proteção Animal (DEMAPA) e a Seção de Meio Ambiente do Instinto Evandro chagas.

Por fim, agradeço a mim, por ter sobrevivido ao curso de Geologia e por toda garra para desenvolver esse trabalho. Eu mereço!

Muito obrigada a todos!

*“Eu quero ser maior que essas muralhas que eles construíram ao meu redor”*

**BK’.**

## RESUMO

O município de Barcarena encontra-se na porção nordeste do estado do Pará e se limita ao norte pela Baía de Guajará e município de Belém, ao sul pelos municípios de Mojú e Abaetetuba, a leste pelo município de Acará e, a oeste, pela Baía do Marajó, na parte sudoeste se localiza as principais mineradoras atuantes: Imerys e Hydro. Este Trabalho objetivou discorrer e historiar a cronologia dos impactos ambientais causados pela atividades minero-metalúrgicas no complexo industrial de Barcarena- Pará entre 2003 a 2018, dessa forma identificar os danos ao meio ambiente e propor uma discussão. O tipo de pesquisa deste trabalho é a pesquisa bibliográfica e documental. Primeiramente, foi feito a coleta de dados e fontes, buscou-se artigos, periódicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, também documentos oficiais de órgãos públicos, sobretudo do Instituto Evandro Chagas e a Polícia Civil- Divisão Especializada em Meio-Ambiente e Proteção Animal (DEMAPA). Após se montou um banco de referências; e então ocorreu a leitura, a análise e interpretação e discussão dos dados; posteriormente a composição do texto escrito. A confecção dos mapas que foi realizada através *ArcCatalog e ArcMap e Corel Draw 2020*. Assim, ao longo de 16 anos de levantamento de dados foram constatados 13 acidentes ambientais. Os riscos ao meio ambiente foram pontuados e descritos nesse trabalho em que se constatou que a rede de drenagem do município é extremamente afetada, por isso é notado a alteração do *background* geoquímico dos rios. Também, se afirma que a saúde da população é vulnerável decorrente dos impactos ambientais gerados. A problemática dos impactos ambientais causados pela atividades minero-metalúrgicas no complexo industrial de Barcarena- Pará entre 2003 a 2018 está relacionada ao ciclo repetitivo de desastres que conseqüentemente gera risco e vulnerabilidade ao meio ambiente e a população.

**Palavras-chave:** mineração; impacto ambiental; Barcarena-Pa.

## ABSTRACT

The municipality of Barcarena is located in the northeast portion of the state of Pará and is limited to the north by the Bay of Guajará and the municipality of Belém, to the south by the municipalities of Mojú and Abaetetuba, to the east by the municipality of Acará and, to the west, by the do Marajó, in the southwest part, is located as the main active mining companies: Imerys and Hydro. This work aimed to discuss and historical chronology of environmental impacts. The type of research of this work is a bibliographic and documentary research. First, data and sources were collected, articles, periodicals, master's dissertations and doctoral theses were searched, as well as official documents from public agencies, especially the Instituto Evandro Chagas and the Policia Civil- Divisão Especializada em Meio ambiente e Proteção Animal (DEMAPA). After that, a reference bank was set up; and then there was a reading, analysis and discussion of the data; later the composition of the written text. The making of the maps was carried out through ArcCatalog and ArcMap and Corel Draw 2020. Thus, over 16 years of data collection, 13 environmental accidents were found. The media punctuated in the middle were described in this work in which the risks of the municipality were identified as being a drainage environment, through an alteration of the geochemical background of the rivers. It is also stated that the health of the population is vulnerable due to environmental impacts. The problem of environmental and environmental impacts caused by mining-metallurgical activities in the industrial complex of Barcarena- Pará 2003 to 2018 related to the repetitive cycle of risk and vulnerability to the environment.

**Key words:** mining; environmental impact; Barcarena-Pa.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Barcarena.....	7
Figura 2 - Mapa Planialtimétrico do Município de Barcarena .....	9
Figura 3 - Mapa Geomorfológico com destaque as principais redes de drenagem do município de Barcarena.....	10
Figura 4 - Proposta de Rossetti & Góes (2004) e Rossetti (2006) para a Sucessão ou Sistema Pirabas/Barreiras, simplificadas em que ilustra as unidades estratigráfica 1, 2 e 3. Fonte: Fonte: Adaptado de Vasquez <i>et al.</i> (2008) .....	12
Figura 5 - Mapa de localização das plantas de beneficiamento da Imerys e Hydro .....	14
Figura 6 - A figura a) mostra o Porto de Vila do Conde que é o principal ponto de saída da produção de alumina e alumínio da Hydro. Disponível em: <a href="https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/barcarena/">https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/barcarena/</a> . Acesso em: 27 de dezembro de 2021 .....	16
Figura 7 - Foto da planta de beneficiamento da empresa Imerys em Barcarena. Disponível em: <a href="https://www.imerys.com/pt-br/brasil">https://www.imerys.com/pt-br/brasil</a> . Acesso em: 23 de dezembro de 2021 .....	18
Figura 8 - Linha do Tempo dos impactos ambientais causados pela mineração durante 2003 a 2018 no Município de Barcarena- Pará. Baseado em Lemos (2021) e elaborado pela autora.....	21
Figura 9 - Esgoto de origem industrial despejado na baía do Marajó próximo a praia de Itupanema no município de Barcarena-Pa. Fonte: (IEC 2003b).....	22
Figura 10 - Imagem do Rio Murucupi no caso do Vazamento de lama vermelha sobre os taludes das bacias de rejeitos. Fonte: (IEC 2003b).....	25
Figura 11 - A Figura mostra o Poço do Tipo Amazonas, para captação de água em residência no bairro Industrial, localizado ao lado da bacia de rejeitos n.º 3 da Imerys Fonte: (Lemos 2018 <i>apud</i> Lemos 2021) .....	29
Figura 12 - A figura mostra o vazamento em bacia de rejeitos de caulim que atingiu os mananciais.....	31
Figura 13 - A figura mostra os aspectos do Rio Murucupi,.....	34
Figura 14 - A figura mostra parte do mineroduto substituído após incêndio na vegetação. (Fonte:Lemos, 2018 adaptado pela autora).....	35
Figura 15 - A figura o Mineroduto da mineradora Imerys. Fonte: (Lemos 2018).....	37
Figura 16 - Mostra a Tubulação em aço inox (esquerda) e em PAD (direita). Fonte: (CPC 2013). .....	38

Figura 17 - A figura mostra o Filtro invertido no talude da bacia de rejeitos n.º 5 C, onde há reforço de pedras. Fonte: (CPC 2014 <i>apud</i> Lemos 2021) .....	39
Figura 18 - A figura mostra os lançamentos de efluentes líquidos para o meio ambiente e a situação dos rios. Fonte: (IEC 2018a) .....	42
Figura 19 - A figura mostra as evidências de falhas no processo de escoamento e tratamento de efluentes. Fonte: (IEC 2018a).....	43
Figura 20 - A figura mostra o lançamento clandestino de efluentes a partir da área inundada. A figura a) mostra a Tubulação para escoamento de efluentes. E a Figura b) mostra efluentes escoando para o ambiente. Fonte: (IEC 2018a) .....	44

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ALUNORTE - Alumina do Norte do Brasil S.A.  
ALBRÁS - Alumínio Brasileiro S.A  
ALCAN - Canadense Aluminium Limited of Canada  
ALCOA – Aluminum Company of America  
ALUMAR - Consórcio de Alumínio do Maranhão S.A.  
ALBRAS - Alumínio Brasileiro S. A  
ALCAN - Aluminium Limited of Canada  
BHP - Billiton Metais S/A  
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CPC - Centro de Perícias Científicas Renato Chaves  
DRS - Depósitos de Rejeitos Sólidos  
DRS1 - Depósitos de Rejeitos Sólidos 1  
DRS2 - Depósito de Resíduos Sólidos 2  
DEMA - Divisão Especializada em Meio Ambiente  
DEMAPA - Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IEC - Instituto Evandro Chagas  
IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
MRN - Mineração Rio do Norte  
PAD - Polietileno de Alta Densidade  
SEMAM/IEC - Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas  
SEMAS - Secretaria de meio Ambiente e Sustentabilidade  
SEMADE - Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico de Barcarena  
TGPM - Terminal de Grãos Ponta da Montanha S.A

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vii
<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. APRESENTAÇÃO .....	1
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	3
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	4
3.1. OBJETIVO GERAL .....	4
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	5
<b>5. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE BARCARENA</b> .....	7
5.1. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO .....	7
5.2. GEOMORFOLOGIA.....	7
5.3. REDE DE DRENAGEM .....	9
5.4. CLIMA.....	10
5.5. VEGETAÇÃO .....	11
5.6. GEOLOGIA REGIONAL.....	11
<b>6. OS PRINCIPAIS EMPREENDIMENTOS DE MINERAÇÃO EM BARCARENA</b> 14	
<b>7. IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	19
7.1. ALUNORTE- ABRIL DE 2003- DESARTICULAÇÃO DA TUBULAÇÃO.....	22
7.2. ALUNORTE -MAIO DE 2003- VAZAMENTO DE LAMA VERMELHA SOBRE OS TALUDES DAS BACIAS DE REJEITOS .....	23
7.3. ALUNORTE -JUNHO DE 2003- AUMENTO DA VAZÃO DE LICOR CÁUSTICO POR FALHA NA VÁLVULA .....	25
7.4. IMERYS –JUNHO DE 2004 – FALTA DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	27

7.5. IMERYS-JULHO DE 2006-INFILTRAÇÃO E VAZAMENTO NA BACIA DE REJEITOS.....	27
7.6. IMERYS-JUNHO DE 2007-FISSURAS E VAZAMENTO EM BACIA DE REJEITOS DE CAULIM.....	29
7.7. ALUNORTE- ABRIL DE 2009- TRANSBORDAMENTO DA BACIA DE REJEITO E CANAL DE DRENAGEM DA ÁREA DO DEPÓSITO DE REJEITOS SÓLIDOS .....	31
7.8. IMERYS-NOVEMBRO DE 2011-ROMPIMENTO DO MINERODUTO E VAZAMENTO DE POLPA DE CAULIM.....	34
7.9. IMERYS-JULHO DE 2012-VAZAMENTO DE CAULIM DO DUTO DA EMPRESA .....	36
7.10. IMERYS-AGOSTO DE 2013-SUBSTITUIÇÃO DE MINERODUTO E VAZAMENTO DE CAULIM.....	37
7.11. IMERYS-MAIO DE 2014- VAZAMENTO PELO FILTRO INVERTIDO DA BACIA DE REJEITOS .....	38
7.12. IMERYS- OUTUBRO DE 2016- VAZAMENTO DE POLPA DE CAULIM DA TUBULAÇÃO DE SAÍDA DO EVAPORADOR.....	39
7.13. ALUNORTE-FEVEREIRO DE 2018-LANÇAMENTOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA O MEIO AMBIENTE .....	41
<b>8. ANÁLISE E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
8.1 OS DANOS DOS IMPACTOS OCORRIDOS AO MEIO AMBIENTE E A SUA RELAÇÃO COM OS ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS DE BARCARENA.....	46
8.2 A URBANIZAÇÃO E A RELAÇÃO COM A VULNERABILIDADE SOCIAL GERADA PELOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	47
8.3 AS EMPRESAS.....	49
<b>8.3.1. Hydro.....</b>	<b>49</b>
<b>8.3.2. Imerys.....</b>	<b>51</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO

Em primeiro lugar, a questão ambiental é interdisciplinar e envolve aspectos econômicos, sociais, políticos, biológicos e culturais, esta complexidade permite tipos de abordagens e interesses, de acordo com Oliveira Filho (2013): há a abordagem do educador; a técnica; a política; a jurídica; a científica, das ONGs e grupos sociais, ou seja, depende da posição cultural e política daquele que pretende tratar as questões ambientais. Diagnosticar as causas e consequências dos problemas ambientais será de vital importância para instrumentalizar políticas e mecanismos de prevenção que contribuam para melhoria das condições ambientais. (Oliveira Filho 2013).

Impacto Ambiental consiste em um processo de mudanças ecológicas e sociais que geram perturbações ao meio ambiente, que implica na relação entre sociedade e a natureza que se transforma dinamicamente (Oliveira Filho 2013). Enquanto que as atividades de mineração são fundamentais para desenvolvimento social e econômico, haja vista que representam a base da cadeia produtiva, o que oferece valorização industrial aos recursos minerais, ou seja, o aumento da demanda por infraestrutura e serviços. Induz a instalação de indústrias de transformação, agregação de valor e conversão de recursos minerais em mercadoria e movimenta vários setores, hierarquias e demandas econômicas e sociais (Silva 2012). A relação entre as atividades de mineração e impactos ambientais é, muitas das vezes, problemática como se nota no município de Barcarena localizada no Estado do Pará, em que há um histórico de 16 anos de acidentes ambientais gerados pela mineração de bauxita e caulim. (Monteiro 2005).

Para o Estado do Pará, a mineração tem considerável importância, devido ao grande potencial paraense em que se destacam a exploração e beneficiamento dos minérios de ferro, cobre, bauxita, manganês, ouro, caulim (Lemos 2018). A mineração de bauxita no Estado do Pará se iniciou no rio Trombetas, na década de 1960, no município de Oriximiná, onde foram encontradas pela Alcan (*Canadense Aluminium Limited of Canada*) as primeiras jazidas na década de 1970, ocorreu a exploração desse recurso pela empresa Mineração Rio do Norte (MRN) que contava com a Companhia Vale do Rio Doce (Monteiro 2005).

As indústrias de mineração em Barcarena iniciaram em meados de 1978, quando a Alumínio Brasileiro S. A (Albras) criada como associação entre a Companhia Vale do Rio Doce e a *Nippon Amazon Aluminum Corporation* criou a Alumina do Norte do Brasil S. A. (Alunorte) (Silva 2012). A escolha de Barcarena foi devido a localização ao norte da hidrelétrica de

Tucuruí que foi facilitou a extensão dos linhões e a existência de redes fluviais, rodoviárias e ferroviárias e a área portuária (Coelho 2005).

Em 1985 foi inaugurado o Complexo Portuário de Vila do Conde, administrado pela Companhia Docas do Pará, objetivou atender o escoamento das empresas de beneficiamento mineral, a exemplo da “Alumínio Brasileiro S/A” (Albrás) e a “Alumínio do Norte do Brasil S/A” (Alunorte). Anos depois, as duas empresas formaram o complexo Alunorte/Albrás que integra o grupo Hydro responsável pelo ciclo bauxita-alumina (Silva 2012). Já na extração e beneficiamento do caulim no Estado do Pará recebem destaque as empresas Imerys Rio Capim Caulim e Pará Pigmentos, em operação no Pará desde 1996. A Imerys adquiriu em 2010 a Pará Pigmentos, que pertencia ao Grupo Vale, passando a mineradora a ter a maior planta de beneficiamento de caulim do mundo. (Monteiro 2005, Lemos 2018).

As principais industriais da mineração no Estado do Pará não se estabeleceram em grandes cidades como Belém, Castanhal, Santarém, porém em cidades que foram se desenvolvendo com o tempo, isso aconteceu justamente para economizar na logística mineral. Assim, a Albrás seguiu esse padrão de economia e desse modo ocasionou mudanças no entorno de Barcarena que tinha como diferencial estar localizada ao norte da hidrelétrica de Tucuruí, às margens da Baía do Marajó. A localização das indústrias foi facilitada pela extensão dos linhões que se dirigem praticamente em linha reta de Tucuruí para esse município somada as vantagens da existência de redes fluviais, rodoviárias, ferroviárias e a área portuária (Coelho 2005). O Município de Barcarena passou por um processo de urbanização intenso e desordenado que culminou com o surgimento de núcleos urbanos às margens dos principais rios da região, como exemplo o rio Murucupi é vulnerável à esgoto doméstico e ao transbordamento de rejeito de bauxita. (Rocha 2019).

## **2. JUSTIFICATIVA**

O interesse científico de estudar os impactos de Mineração em Barcarena advém de que recursos naturais, principalmente os hídricos, estão comprometidos pela mineração de bauxita e caulim. Este trabalho justifica-se por contribuir para o entendimento da problemática dos impactos ambientais das atividades de mineração no período de 2003 a 2018, com o intuito de apresentar os acidentes ambientais, históriá-los, saber sua cronologia, identificar danos e propor uma discussão sobre a temática.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Discutir a problemática dos impactos ambientais causados pela atividade de mineração no Município de Barcarena entre os anos de 2003 a 2018.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Apresentar uma cronologia dos desastres ambientais;
- 2) Historiar os acidentes ambientais para saber como ocorreu os fatos;
- 3) Identificar os danos ao meio ambiente.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

O conjunto de etapas e processos desenvolvidos na investigação do tema para atingir o objetivo proposto no trabalho em questão, começa com o tipo de pesquisa escolhida, que neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica e documental que utiliza de informações de documentos e publicações de significativo valor. Foram feitas as seguintes etapas:

A primeira etapa consistiu na pesquisa e coleta de fontes e de dados que foi feita por meio da busca bibliográfica, como artigos de revistas e periódicos acadêmicos especializados, documentos de órgãos públicos como do Ministério Público do Estado do Pará e Ministério Público Federal, Instituto Evandro Chagas (IEC), Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) e a Polícia Civil- Divisão Especializada em Meio-Ambiente e Proteção Animal (DEMAPA). Foi feita, também, pesquisas virtuais em bibliotecas virtuais e pesquisa em acervos e bibliotecas presencialmente para se montar um banco de referências.

Assim, o Instituto Evandro Chagas (IEC) e Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) solicitam ofícios para se obter autorização de acesso aos documentos oficiais. Para isso foi solicitado a autora deste trabalho um ofício assinalado pela Direção da Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará e o plano de pesquisa deste trabalho de conclusão de curso. O Instituto Evandro Chagas (IEC) autorizou o acesso aos seus documentos que consiste nos relatórios técnicos de período de 2003 a 2018, porém o Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) negou o acesso aos seus documentos que são laudos periciais do período de 2003 a 2018 alegando que somente por meio de ordem judicial que é dada a autorização, devido serem documentos de cunho sigiloso. A Polícia Civil do Estado do Pará solicitou uma declaração escrita pela autora a qual foi direcionada ao diretor do Waldir Freire que autorizou o acesso aos inquéritos do período de 2006 a 2018 solicitado nos outros órgãos.

Os documentos do Ministério Público do Estado do Pará e Ministério Público Federal foram acessados por bibliotecas virtuais de dados órgãos.

Posteriormente ao levantamento de dados, foi feita a devida leitura, análise e interpretação e assim discussão dos resultados. A partir, a composição do texto escrito e utilização de *softwares* para produção de mapas e pranchas de figuras. O mapa de localização foi feito com a utilização da base vetorial do IBGE (2017). O mapa planialtimétrico utilizou, também, a base vetorial do IBGE (2017) e a base altimétrica SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), folha 01S495ZN que foi extraída do site Topodata. O mapa geomorfológico, com destaque as principais drenagens, foi feito com dados da base vetorial do IBGE (2021). A confecção dos mapas foi realizada através *softwares*: *ArcGis v10.6* trabalhado em cima das plataformas *ArcCatalog e ArcMap e* as pranchas de imagens foram feitas no *software Corel Draw 2020*.

## 5. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE BARCARENA

### 5.1. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Barcarena encontra-se limitado ao norte pela Baía de Guajará e município de Belém, ao sul pelos municípios de Mojú e Abaetetuba, a leste pelo município de Acará e, a oeste, pela Baía do Marajó, na sua porção sudoeste do município encontra-se as principais mineradoras atuantes (Figura 01).

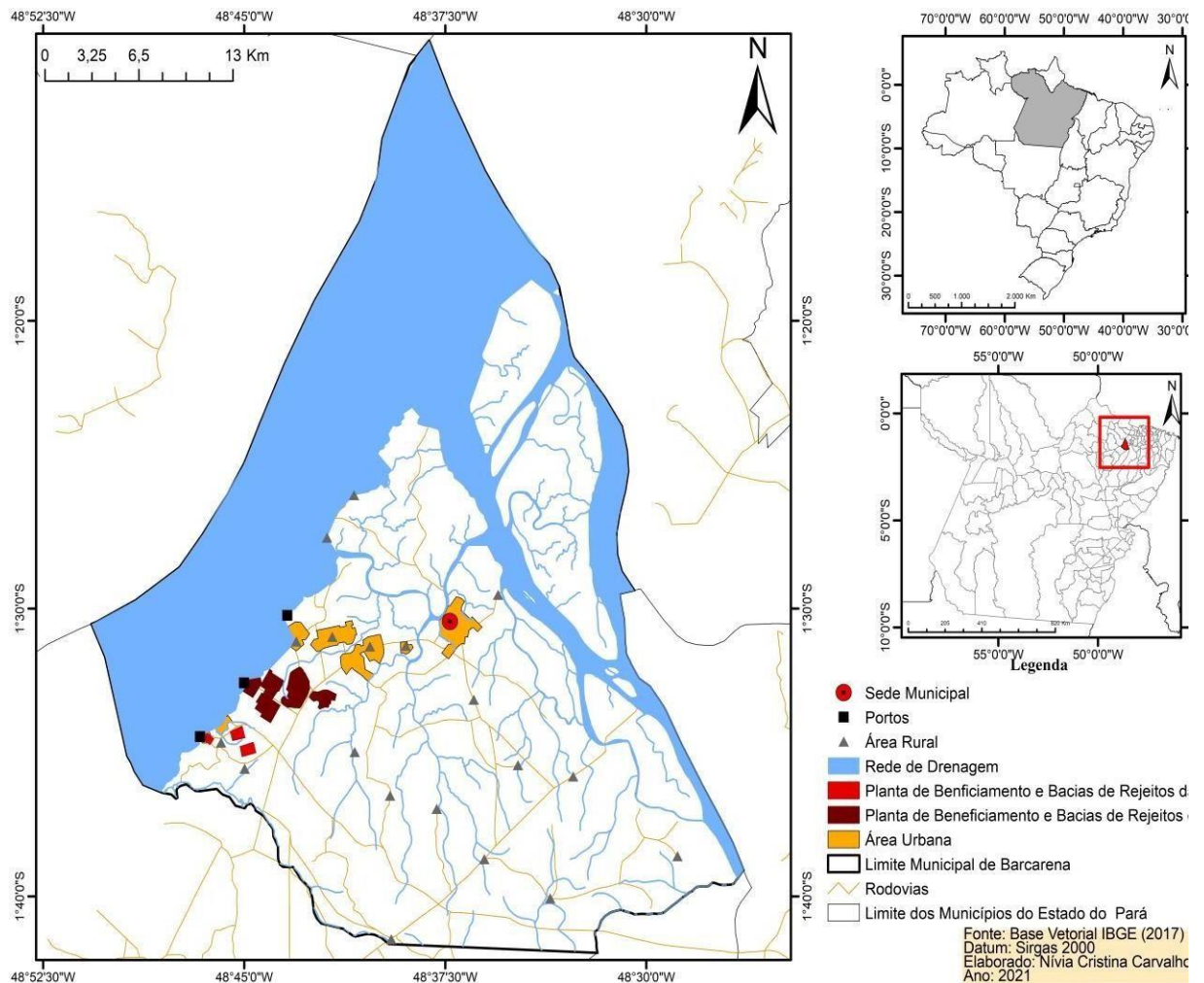


Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Barcarena

Onde é mostrado a planta de beneficiamento e suas bacias de rejeitos das principais empresas mineradoras que atuam no município. Elaborado pela autora.

### 5.2. GEOMORFOLOGIA

O Domínio Geomorfológico presente no município de Barcarena é o Planalto Rebaixado da Amazônia, em que estão presentes as unidades de: Planície Flúvio-Marinha, Planície e Terraços Fluviais e Tabuleiros Paraenses (CDP 2018, Rodrigues *et al.* 2020, Freitas 2020), (Figura 03). Sabe-se que o Planalto Rebaixado da Amazônia apresenta relevos ondulados, com superfície arrasada e plana, não alcançando mais que 60m de elevação. É formado por falésias de superfície plana, formando tabuleiros com vertentes retilíneas e

íngremes e que podem mostrar uma superfície suavemente ondulada. O Planalto Rebaixado da Amazônia compreende o maior trecho da parte continental do município de Barcarena, incluindo ainda diversas ilhas como a de Trambioca, onde ocorrem solos de textura argilosa ou lateríticos concrecionários. As terras firmes apresentam altitudes que variam de 14 a 30 m (Figura 02), onde predomina uma drenagem acentuada, e os tesos são os terrenos mais baixos, de 4 a 14 m de altura e de baixa drenagem, (Figura 02), (CDP 2018, Saldanha 2009).

A Planície e Terraços Fluviais é composta por canais fluviais encaixados no planalto costeiro por planícies de inundação limitadas por diques marginais e planalto costeiro, ou até mesmo pela planície estuarina. Os canais fluviais são meandantes (rios e “furos”), com sedimentação do Holoceno. Esta unidade está sob a influência do estuário do rio Pará, pois é uma área de acumulação de sedimentos fluviais, responsáveis pela elaboração de extensas planícies aluviais (várzeas e igapós) nas quais as taxas de inundação e de sedimentação são ampliadas pela maré dinâmica, com picos nas épocas de coincidência das sizígias com elevados índices pluviométricos (CDP 2018, Rodrigues *et al.* 2020). (Figura 03).

A Planície Flúvio-Marinha compreende canais/leito estuarino, praias estuarinas e planícies de maré lamosa, às margens das praias ou na foz dos rios que fazem conexão com a Baía do Marajó no município, encontra-se a região de maior influência do estuário do rio Pará que abrange a Baía do Marajó, limite oeste do município de Barcarena, e a Baía do Guajará, limite nordeste do município de Barcarena. A descarga do rio Amazonas chega ao estuário do rio Pará por meio dos furos de Breves, este sistema hidrográfico é independente em relação ao maior rio da região (CDP 2018, Rodrigues *et al.* 2020).

Mediante isso, o rio Pará (Baía do Marajó) deságua no Oceano Atlântico, de onde se propagam correntes de marés e ondas que se formam no interior da Baía do Marajó, o que leva à construção de praias estuarinas. Ocorrem ainda, terraços de maré baixos ou *Low Terraces*, que constituem as Planícies de Abrasão. À medida que as falésias vão recuando para o continente, amplia-se a superfície erodida pelas ondas. Os sedimentos oriundos das falésias são depositados em águas mais profundas, constituindo o terraço. Ressalta-se que as praias estuarinas do município de Barcarena e parte das edificações portuárias estão assentadas em cima desta feição (CDP 2018, Rodrigues *et al.* 2020), (Figura 03).

Os Tabuleiros Paraenses consistem em um relevo homogêneo de largas superfícies planas a suavemente dissecadas, com morfologia do tipo tabular com vales rasos e largos. Encontra-se predominantemente esculpida sobre os sedimentos terciários areno-argilosos da Formação Barreiras, e apresentam-se frequentemente inumadas por coberturas de alteração lateríticas, predominando o latossolo amarelo, em que há cobertura sedimentares mais recentes, onde a ação química (Prata 2020).

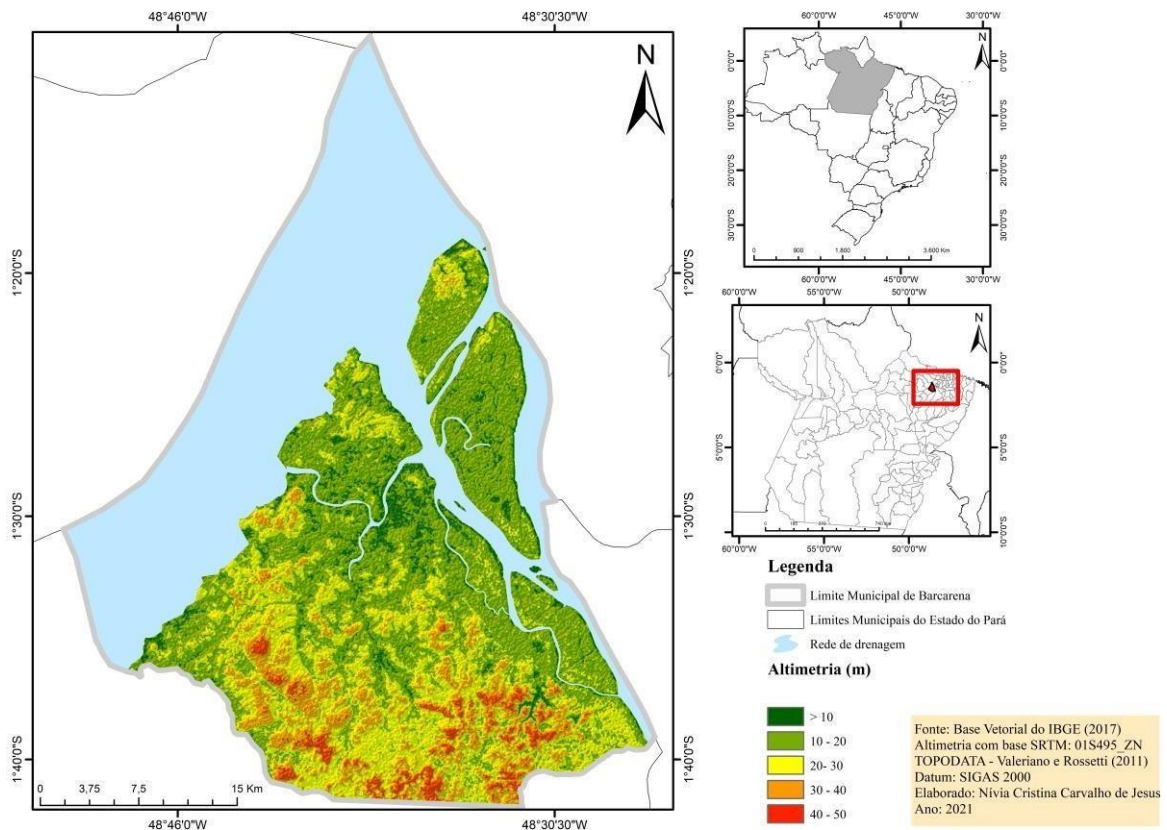


Figura 2 - Mapa Planialtimétrico do Município de Barcarena

Em que mostra a variação altimétrica no município de Barcarena, na porção sul encontram-se o relevo mais elevado que varia em torno de 40 a 50 m e a porção norte e nordeste encontra-se o relevo mais baixo em torno de 10 m e onde se encontram as principais ilhas do município. Elaborado pela autora.

### 5.3. REDE DE DRENAGEM

A rede de drenagem do Município em questão apresenta feições de furos e igarapés. Os furos são canais fluviais que seccionam uma ilha fluvial ou interliga braços de rios no meio de uma planície, enquanto que os igarapés consistem em pequenos riachos que cortam vertentes e cruzam as várzeas (Lemos 2018, Ab´Saber 2003), (Figura 03).

A Baía de Marajó consiste em uma abertura para nordeste no município de Barcarena, furos que separam a porção continental da porção insular do Município, entre os quais o furo do Arrozal, que separa a Ilha de Carnapijó e recebe o rio Barcarena e o rio Itaporanga, que nasce ao sul do Município. O furo e a baía Carnapijó cortam o Município de sudeste para noroeste. Outro rio de expressão na área é o Moju, cuja foz limita com o município de Acará. A sudoeste, o rio Uruenga limita o município de Abaetetuba e, a sudeste, o limite com o município de Moju é feito através do Igarapé Cabresto (Porto 2009). (Figura 03).

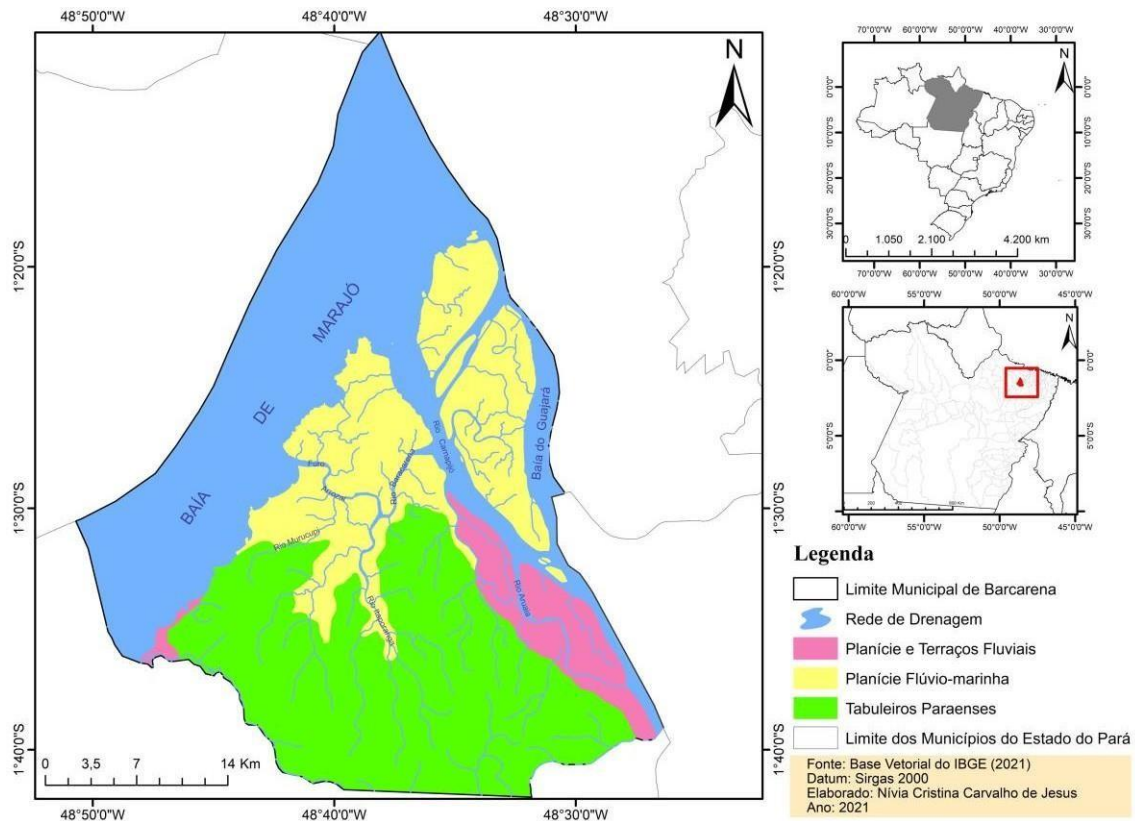


Figura 3 - Mapa Geomorfológico com destaque as principais redes de drenagem do município de Barcarena, o mapa geomorfológico destaca a distribuição das unidades: Planície e terraços Fluviais que se encontra em sua maioria na região sudeste e uma pequena área na porção sudoeste, Planície Flúvio-Marinha encontra-se na porção norte com predomínio na Ilha do Carnapijó e porção central, por fim na porção sul encontra-se os tabuleiros paraenses. As principais redes destacadas são: A baía do Marajó, Baía do Guajará, furo Arrozal, Rio Barcarena, Rio Itaporanga, Rio Carnapijó, Rio Murucupi e Rio Aruaia. Elaborado pela autora.

O Município possui diversas praias, localizadas em frente à baía do Marajó, entre elas as do Carijó, de Vila do Conde, de Itupanema e outras. O rio Barcarena tem sua foz nas proximidades do Vilarejo São Francisco e sua nascente nas proximidades do complexo industrial, mais especificamente das empresas Albrás e Alunorte, fazendo parte da sua área de influência direta. O porto da Vila do Conde está localizado em frente para as Baías do Caripi e do Marajó (Lemos 2018). (Figura 03).

#### 5.4. CLIMA

O município de Barcarena pertence à categoria climática Equatorial Úmido do tipo *Afi* (A- clima tropical chuvoso; *fi* – ocorrências de chuva todo o ano), pela classificação de Köppen. O clima da região é quente e úmido, com temperatura média de 27°C. O período chuvoso ocorre entre dezembro e maio e o período menos chuvoso entre junho e novembro, período de transição

que envolve os meses de junho, julho e agosto e um período menos chuvoso que vai de setembro a novembro. O mês de menor precipitação é o de outubro, com 77,8 mm e o de maior precipitação, o de março, com 395,2 mm. A região de Barcarena, por ser quente é de muita instabilidade atmosférica, com forte convecção e precipitação na forma de pancadas. As precipitações são muito abundantes com média acima de 2.500 mm ao ano e no período chuvoso chega a atingir 400 mm ao mês enquanto que nos meses de menos chuva, não atinge 30 mm ao mês. (Bandeira 2006, Porto 2009, Rodrigues *et al.* 2008).

### 5.5. VEGETAÇÃO

A vegetação no município de Barcarena é composta pela vegetação de floresta densa, vegetação de várzea e as florestas secundárias (CDP 2018). Floresta densa encontra-se em áreas elevadas, consiste em uma típica vegetação da Amazônia, porém estão ficando cada vez menores devido a antropização e o desmatamento. A vegetação de Várzea está nas margens dos rios e igarapés do município e estão sob influência de inundações, ocorre também vegetação de mangue e a siriúba, margeando os grandes rios e as ilhas do município. A altura de copa das árvores alcança em média 18 m, com árvores de até 30 m. As palmeiras mais abundantes são açaí, inajá e bacaba. A Floresta secundária conhecida como “capoeira” são encontradas em áreas que foram alteradas pelo homem. (RADAM 1974, CDP 2018).

### 5.6. GEOLOGIA REGIONAL

A geologia regional apresenta a Formação Pirabas do Oligoceno Superior a Mioceno Inferior, a Formação Barreiras do Mioceno Inferior a médio e Sedimentos Pós-Barreiras pertencentes ao Quaternário (Pleistoceno). (Rossetti 2001).

Isto posto, a Formação Pirabas representa um grande conjunto sedimentar do Cenozóico marinho brasileiro (Távora & Fernandes 2002, Ferreira 2002) ao longo da costa atlântica que representa a manifestação de um dos eventos transgressivos marinhos mais importantes do norte do Brasil durante o Mioceno. Essa unidade tem cerca de 700 metros de espessura e se estende por aproximadamente 160 km (Antoniolli *et al.* 2015) e consiste majoritariamente em calcários fossilíferos maciços ou finamente estratificados evidenciando o ambiente deposicional quente e marinho raso.

Assim como a Formação Barreiras, os sedimentos ocorrem bem expostos no nordeste do Pará e no litoral maranhense, depositados durante Mioceno Inferior (23 – 16 Ma) baseado principalmente na presença do gastrópode *Orthaulax Pugnax* (Ferreira 1982) e de foraminíferos (Petri 1954, 1957, Fernandes 1984, Ferreira *et al.* 1984), onde houve deposições

consideráveis de sedimentos carbonáticos e siliciclásticos diretamente relacionados com uma época de grandes mudanças as quais propiciaram a extensão da flora e fauna.

Os Sedimentos Pós-Barreiras são constituídos por sedimentos argilo-arenosos, de coloração avermelhada e amarelada, inconsolidados, sem estruturação, onde encontram-se, seixos e blocos rolados ou pouco movimentados de arenito ferruginoso desde a superfície até cerca de 25 metros sendo, por vezes, recoberta por alúvios e colúvios. Apresentam característica deposicional sugestivas da atuação de movimentos gravitacionais existentes (Matta 2002, Almeida 2006, Rossetti 1989). Os Sedimentos da Formação do Pós-Barreiras predominam na parte insular de Barcarena, exceto na Ilha de São Mateus, e nas margens dos rios, respectivamente. (Bandeira 2006, CDP 2018).

A geologia da área contígua ao rio Dendê é composta pelo Formação Barreiras cujo afloramento mais expressivo se encontra na falésia de Vila do Conde, onde se percebe uma superposição de sedimentos e níveis ferruginosos indicando uma sucessão de fases distintas de acumulação de detritos e alterações químicas. Os aluviões recentes se encontram nos domínios das várzeas periodicamente inundadas e localizadas nos rios, igarapés e furos. Estes sedimentos são originados do retrabalhamento dos depósitos aluvionares mais antigos, os chamados tesos, que foram originados pelo processo de erosão e retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras (Benvenuti 1995, Alves 2012).

Para Rossetti (2006) e Rossetti & Góes (2004) os depósitos miocênicos acham-se internamente organizados em três sucessões estratigráficas, denominadas de unidades 1, 2 e 3, da base para o topo, e definidas por superfícies de descontinuidade. A unidade 1 é composta

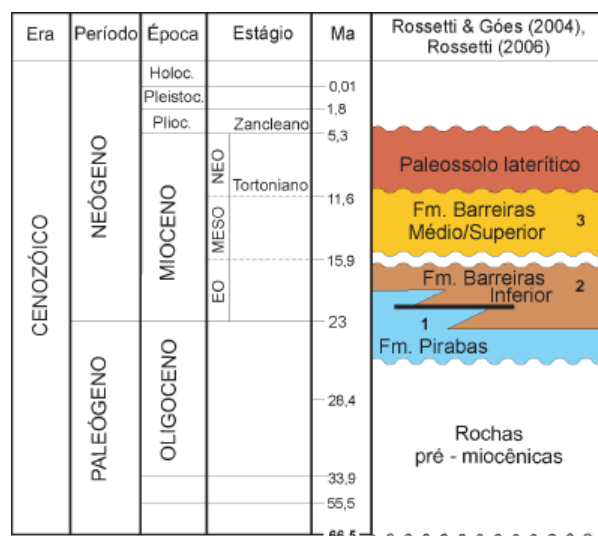


Figura 4 - Proposta de Rossetti & Góes (2004) e Rossetti (2006) para a Sucessão ou Sistema Pirabas/Barreiras, simplificadas em que ilustra as unidades estratigráfica 1, 2 e 3. Fonte: Adaptado de Vasquez *et al.* (2008).

por arenitos e argilitos de ambientes litorâneos influenciados por correntes de maré. A unidade 2 contém abundantes depósitos carbonáticos plataformais associados a lentes carbonáticas de laguna (com fósseis escassos ou ausentes). A unidade 3, onde o ambiente dominante é canal de maré, mostra no empilhamento estratal tendência progressivamente mais continental para o topo, resultante da fase regressiva que culminou com a exposição a processos subaéreos, desenvolvimento de vegetação e de discordância que marca o topo da sucessão miocênica. (Vasquez 2008 *apud* Rossetti & Góes 2004, Rossetti 2006) (Figura 04).

As águas subterrâneas que ocorrem no município de Barcarena apresentam-se ácidas, baixa dureza, baixa condutividade elétrica e pobreza em determinados cátions, principalmente o cálcio. Embora apresentando teores de ferro relativamente elevados, em determinados pontos, suas águas podem ser consideradas de potabilidade aceitável para o consumo humano (Lima & Kobayashi 1988, Alves 2012, Almeida 2006). Os aquíferos mais rasos na região de Barcarena encontram-se na Formação Barreiras. Por outro lado, os aquíferos da Formação Pirabas não ocorrem na área, pelo menos até a profundidade de aproximadamente 300 metros. (Almeida 2006).

## 6. OS PRINCIPAIS EMPREENDIMENTOS DE MINERAÇÃO EM BARCARENA

As mineradoras Imerys e Hydro são os principais empreendimentos de mineração de Barcarena se localizam na porção sudoeste do município como mostra a figura 05.

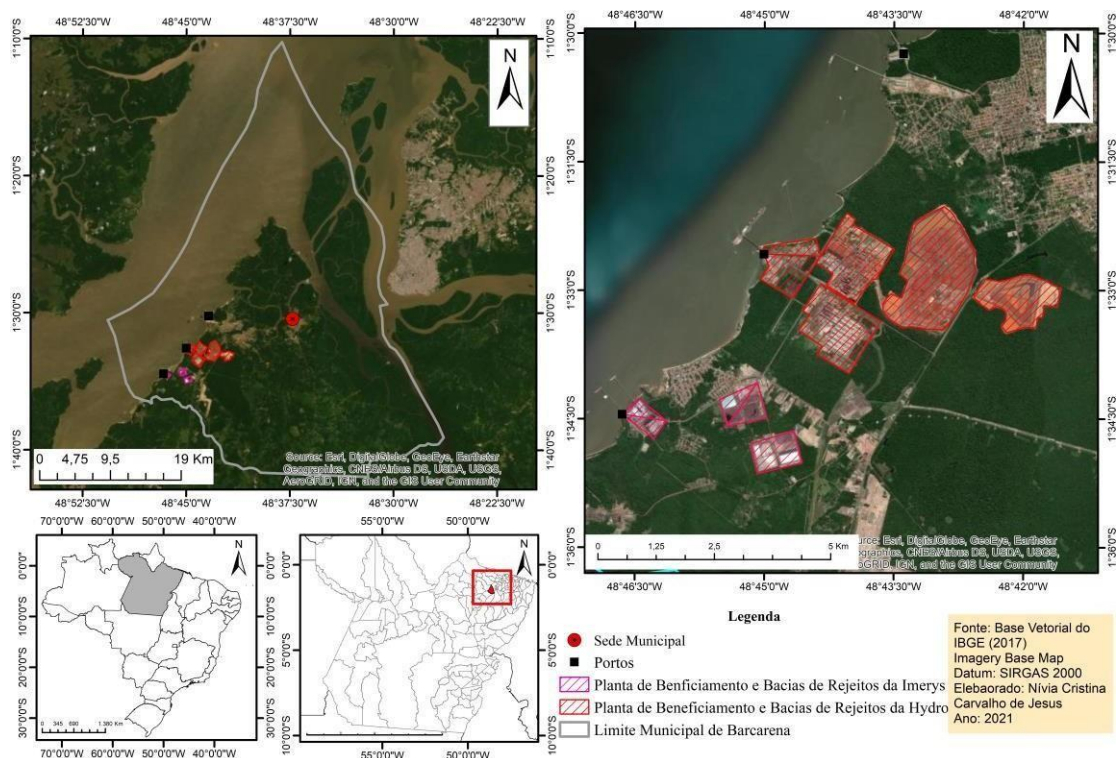


Figura 5 - Mapa de localização das plantas de beneficiamento da Imerys e Hydro. As mineradoras se localizam na porção oeste do Município de Barcarena. Os traços diagonais de cor rosa mostram a localização da planta de beneficiamento da Imerys, enquanto que os traços diagonais de cor vermelha representam a Hydro. Elaborado pela autora.

No ano de 1967 a empresa canadense *Aluminium Limited of Canada* (Alcan) descobriu os grandes depósitos de bauxitas nas proximidades do rio Trombetas, no município de Oriximiná e assim criou a companhia Mineração Rio do Norte (MRN) para conduzir os trabalhos de exploração. O Governo Federal, na época, viabilizou a extração e a implantação de estratégias para a produção de alumina e alumínio primário, para isso instalou plantas químicas para a produção da alumina e a edificação de plantas metalúrgicas para a produção do alumínio. As empresas Alunorte e Albrás; Alcan, Alcoa, BHP Billiton Metais S/A e Alumar (consórcio Alcoa e BHP Billiton Metais S/A) instalam pela primeira vez na Amazônia grandes refinarias de alumina e de alumínio primário, situadas, respectivamente, em Barcarena e São Luiz, tendo como matéria-prima as bauxitas de Trombetas, posteriormente as de Paragominas e de Juruti (Costa 2016, Monteiro 2005).

A necessidade de energia elétrica aumentou com o crescimento dos empreendimentos da mineração no Estado do Pará; o Governo Federal criou a Eletronorte com a finalidade de viabilizar a implantação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, fundamental para atender a demanda energética para a transformação industrial da alumina em alumínio. A Alumínio Brasileiro S. A. (Albras) era uma associação entre a Companhia Vale do Rio Doce e a *Nippon Amazon Aluminum Corporation*, um consórcio de empresas japonesas que se instalou em Barcarena e iniciou sua operação em 1985. Nas negociações das condições de sua instalação, o Governo Federal concedeu à empresa subsídio no preço da energia elétrica. Enquanto que a Alumina do Norte do Brasil S. A. (Alunorte) a sua instalação enfrentou atrasos e só em 1987, a *Nippon Amazon Aluminum Corporation*, parceira da, até então, Vale do Rio Doce no negócio, decidiu não mais investir na Alunorte e suas obras foram, então, totalmente paralisadas. A conclusão das obras da Alunorte só ocorreu em 1995, nesse intervalo de tempo, o suprimento de alumina para a operação da Albrás foi garantido pela importação daquele insumo. (Monteiro 2005).

A bauxita utilizada na Alunorte vem da Mineração em Paragominas, através de um mineroduto, e da Mineração Rio do Norte (MRN), através do porto de Vila do Conde (figura 06a). Parte da alumina produzida é exportada e a outra parte é fornecida para a planta da Albrás (figura 06b), também localizada em Barcarena, e que produz lingotes de alumínio. O processo de produção de alumina gera um resíduo, que é lavado, filtrado e armazenado nos depósitos de resíduos sólidos da refinaria. A Alunorte possui dois depósitos de resíduos sólidos: DRS 1 e DRS 2 (figura 06c). O Depósito de Resíduos Sólidos 1 iniciou suas operações em 1995, quando a refinaria foi inaugurada. O Depósito de Resíduos Sólidos 2 teve sua fase de teste e comissionamento iniciada em agosto de 2016. Os dispositivos não são classificados como barragens. (Hydro 2021).

Na usina de beneficiamento da bauxita, o mineroduto da empresa Hydro Alunorte, que transporta a bauxita ou polpa de bauxita da Mina até a Alunorte em Barcarena. São 244 km de extensão, em grande parte subterrânea, inclusive sob o leito dos rios e contornando terras indígenas. A polpa leva de 38 a 36 horas para chegar a Barcarena, sob pH 7.0 (Costa 2016). Atualmente, a Hydro é a principal acionista da empresa, com 51% das ações dessa *joint venture*, e a *Nippon Amazon Aluminium Co. Ltd.* é o outro sócio. E a figura 06 mostra a sua atual configuração.

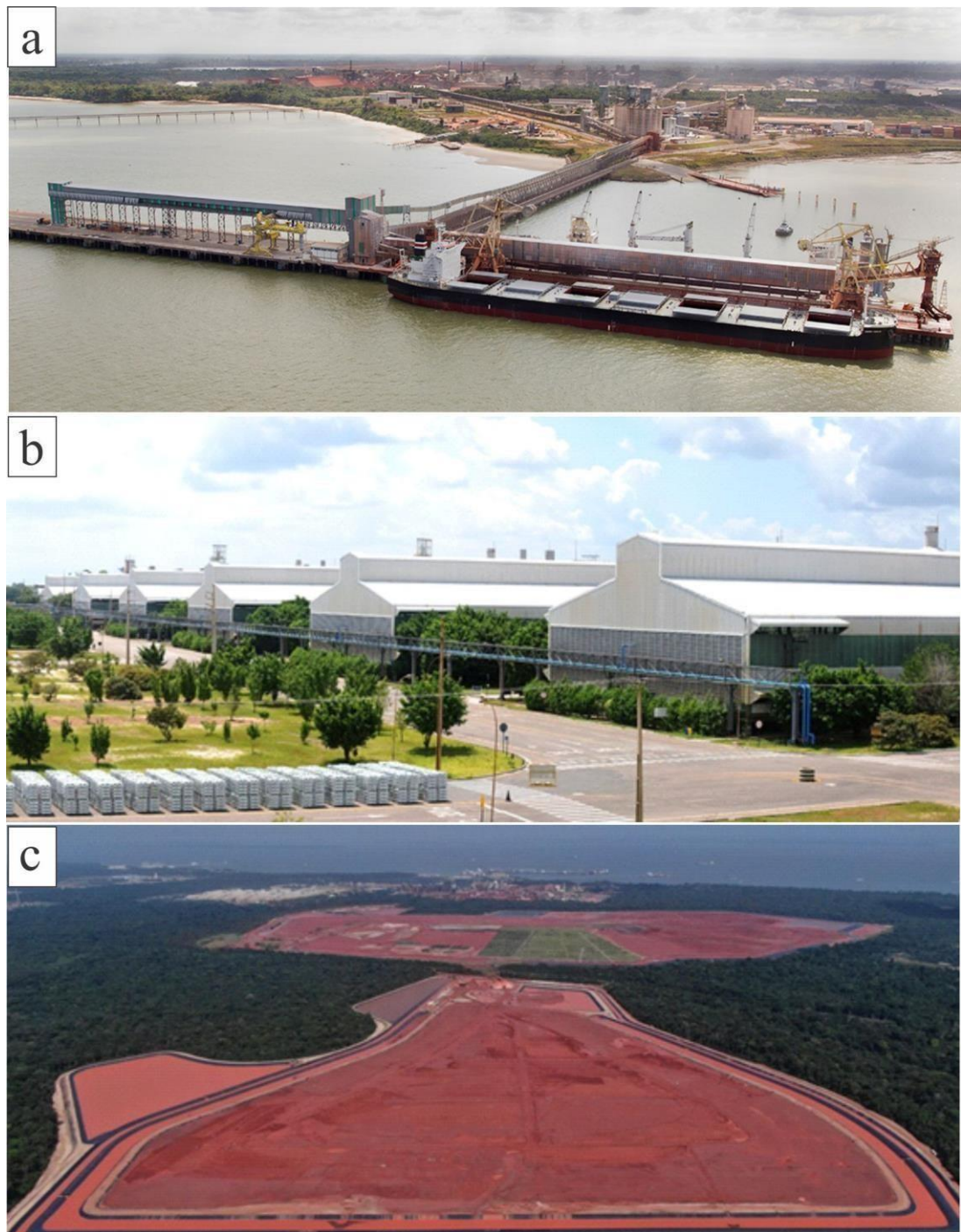


Figura 6 - A figura a) mostra o Porto de Vila do Conde que é o principal ponto de saída da produção de alumina e alumínio da Hydro. A figura b) mostra as instalações da Albas e a figura c) mostra os depósitos de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/barcarena/>. Acesso em: 27 de dezembro de 2021.

A mineradora francesa Imerys se estabeleceu às margens do Rio Capim, no município de Ipixuna do Pará, uma das maiores empresas mundiais de caulim, passando a denominar-se Imerys Rio Capim Caulim. Em 1996 ocorreu o primeiro embarque de minério, com a mercantilização do caulim tem se ampliado foi ampliado o sistema operacional do mineroduto que liga a mina às instalações de beneficiamento em Barcarena. No município de Ipixuna também se instalou a Pará Pigmentos S. A. Em 1996, a Pará Pigmentos S. A. iniciou a lavra do caulim, que, depois de lavrado, é transportado para a usina de tratamento, de onde, já beneficiado, é bombeado, na forma de polpa, por um mineroduto com 180 km de extensão, até atingir as instalações da empresa em Barcarena, onde é secado e embarcado através de terminal portuário da própria empresa. (Monteiro 2005).

No ano de 2010 a empresa Imerys adquiriu a Pará Pigmentos S.A que pertencia ao Grupo Vale. Com estrutura duplicada, a mineradora passou a ter a maior planta de beneficiamento de caulim do mundo e 71% de participação de caulim no Brasil. (Figura 05 e 07) (Faria 2015). Presente nos estados Pará, São Paulo e Espírito Santo, a Imerys extrai e/ou beneficia os minérios de Carbonatos de Cálcio, Caulim e Perlita. (Imerys 2021).

O caulim é importante nos vários mercados mundiais devido as suas aplicações em cobertura e carga de papel, cerâmica, tintas, plásticos, borracha, fibras de vidro, suporte de catalisadores de craqueamento de petróleo e muitas outras utilizações O Beneficiamento do caulim ocorre em dois processos: via seca e via úmida. O processo de beneficiamento a seco é realizado quando o caulim bruto é inicialmente fragmentado (britador) abaixo de 2,54 cm (1”), em seguida passa para a secagem em secadores rotativos. Após secagem, o caulim é pulverizado em moinhos de rolos, para então ser classificado por tamanho, através de um processo denominado flotação com ar (*air flotation*), onde as partículas mais finas são conduzidas para o topo do aero-separador por uma corrente de ar quente, havendo assim a separação de partículas por tamanho. (Farias 2015).



Figura 7 - Foto da planta de beneficiamento da empresa Imerys em Barcarena. Disponível em: <https://www.imerys.com/pt-br/brasil>. Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

## **7. IMPACTOS AMBIENTAIS**

A seguir serão descritos os impactos causados pela mineração em Barcarena, de acordo com Lemos (2021), os inquéritos Policiais que foram disponibilizados e equivalentes ao período de 2006 a 2018 e os relatórios técnicos do Instituto Evandro Chagas equivalentes aos anos de 2003, 2009, 2013 e 2018. A Figura 08 mostra a linha do tempo dos desastres.

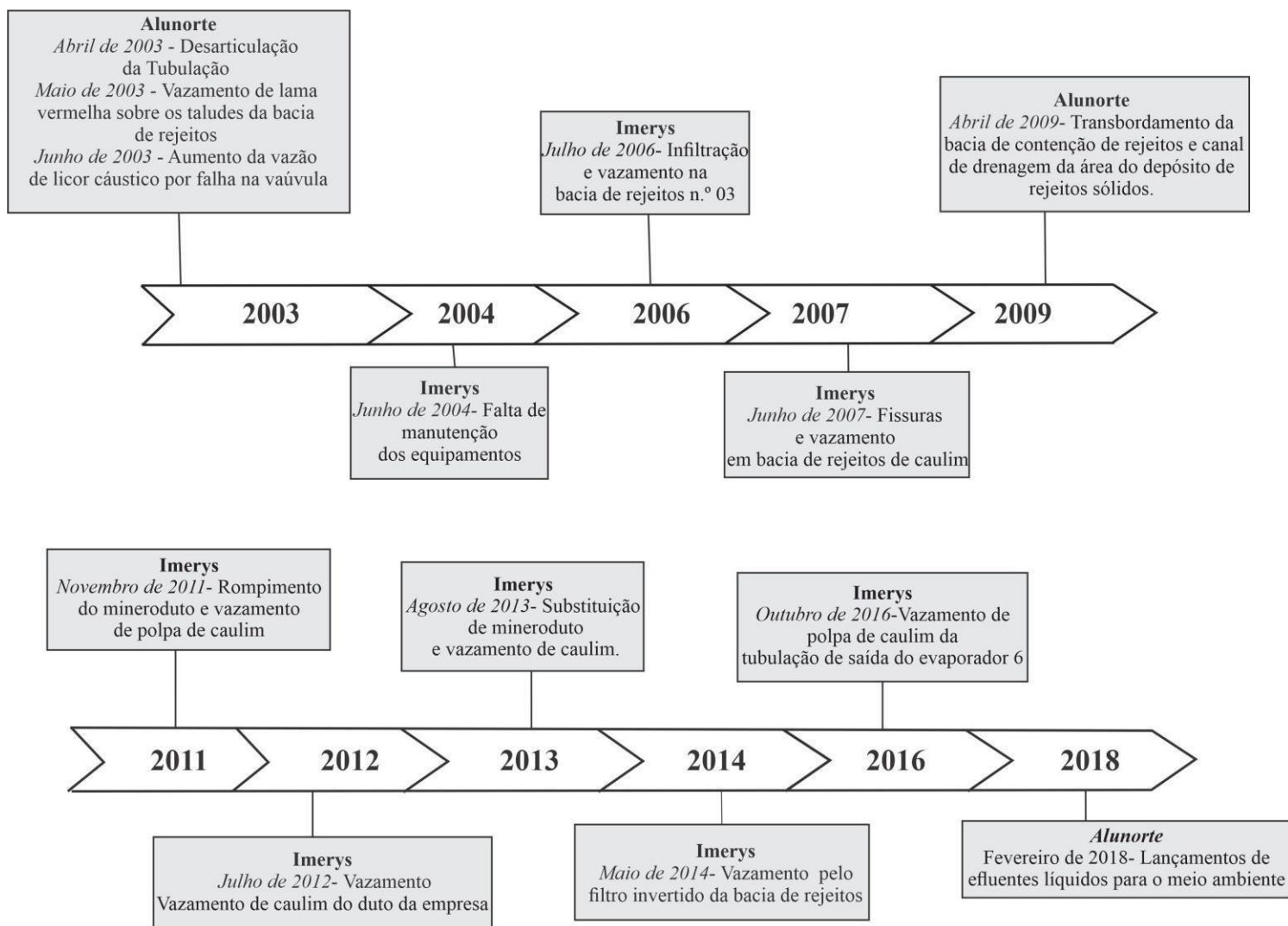


Figura 8 - Linha do Tempo dos impactos ambientais causados pela mineração durante 2003 a 2018 no Município de Barcarena- Pará. Baseado em Lemos (2021) e elaborado pela autora

### 7.1. ALUNORTE- ABRIL DE 2003- DESARTICULAÇÃO DA TUBULAÇÃO.

No dia 04 de abril de 2003, as águas do rio Murucupi passaram a apresentar coloração avermelhada, que depois passou a ficar cada vez mais escura, em seguida aconteceu a morte de grande quantidade de peixes. Uma tubulação da empresa Alunorte havia estourado e provocado um grande vazamento de líquido de coloração avermelhada (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021). Este fato determinou o início de investigações, com a instauração de inquérito policial na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, atualmente DEMAPA, da Polícia Civil, do Estado do Pará, por ser uma Unidade Especializada nesse tipo de procedimento. (IEC 2003a).

O rio Murucupi cuja nascente se localiza próximo à área industrial da Álbras-Alunorte (esse rio atravessa uma área urbana, em que os esgotos são carreados, até desaguar no furo do Arrozal próximo a sede administrativa do município de Barcarena). No dia 07/04/2003, a equipe do Instituto Evandro Chagas (IEC) deslocou-se até Barcarena. Um pescador informou a equipe do IEC que no dia 04/04/2003 ocorreu uma mudança na coloração da água que segundo sua descrição ficou muito escura e com odor forte e desagradável e que não estava conseguindo apanhar peixes e camarão. Entre os peixes observados mortos foram citadas as espécies Tucunaré e Arraia. Próximo à praia de Itupanema em frente a baía do Marajó e próximo a esgotos de origem industrial provenientes da Álbras-Alunorte (Figura 09), (IEC 2003b).



Figura 9 - Esgoto de origem industrial despejado na baía do Marajó próximo a praia de Itupanema no município de Barcarena-Pa. Fonte: (IEC 2003b).

Os peritos do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) constataram poluição no rio Murucupi pelo lançamento *in natura* de esgotos sanitários sem tratamento proveniente da Vila dos Cabanos e indicaram vestígios de

vazamentos de efluentes líquidos ocorridos pela tubulação da empresa Alunorte. Esta tubulação era utilizada para conduzir líquidos com  $\text{pH} = 10,30$ , eventualmente alcalino (Centro De Perícias Renato Chaves 2003 *apud* Lemos 2021). As investigações concluíram pelo indiciamento da mineradora Alunorte pela prática de crime de poluição, nos autos de inquérito policial, instaurado na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil-PC, do estado do Pará (Lemos 2021).

## 7.2. ALUNORTE - MAIO DE 2003- VAZAMENTO DE LAMA VERMELHA SOBRE OS TALUDES DAS BACIAS DE REJEITOS.

No mês seguinte, no dia 15 de maio de 2003 ocorreu um vazamento de Lama Vermelha (resíduo do beneficiamento do alumínio que é gerada a partir do refino da bauxita para produção de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) das células de contenção dos depósitos de rejeitos sólidos (DRS), atribuído às fortes precipitações pluviométricas que devido à declividade do terreno, extravasou e alcançou o rio Murucupi (Instituto Evandro Chagas 2003 *apud* Lemos 2021). As águas do rio Murucupi eram utilizadas para o consumo humano, higiene pessoal, agricultura familiar, além da pesca para consumo de seus familiares. (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021).

A perícia do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) constatou a existência de vários rasgos no material de impermeabilização das bacias de acumulação de rejeitos sólidos (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021). A presença de material com as mesmas características descritas acima e coloração avermelhada, estendeu-se formando o percurso da bacia de acumulação de lama vermelha até a floresta. Devido à declividade do terreno e a existência de uma cava executada com a finalidade de conter o vazamento (porém não sendo suficiente), os efluentes com lama vermelha atingiram a área posterior. Os peritos alegaram que houve dano ambiental para a fauna e flora e avanço acentuado de lama vermelha sobre os taludes da área de Deposição de Rejeitos Sólidos (DRS) da Alunorte e constataram ainda que, no interior da floresta, parte do solo natural estava coberto por efluente de lama vermelha, tendo sido verificado na base do caule da árvore a marca deixada pelo vazamento, com uma altura média de 20 a 30 cm. (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021).

Foi confirmado pelos técnicos da Alunorte na investigação da área da empresa pelos pesquisadores do Instituto Evandro Chagas o transbordamento do material lixiviado a partir de células de contenção dos depósitos de rejeitos sólidos, como anteriormente mencionado atribuído às fortes precipitações pluviométricas ocorridas no dia 15/05/03 e a declividade do terreno que culminou no avanço da Lama Vermelha na área de proteção ambiental onde estão situadas as nascentes do rio Murucupi. Na averiguação dos locais atingidos pelo material das

células de contenção, realizada pelos técnicos do IEC e DEMA (Atual DEMAPA), constatou-se a presença do rejeito nas águas, vegetação e solo nas proximidades das nascentes do rio Murucupi. (IEC 2003).

Nos dias 20 e 21/05/03 foram coletadas amostras de água e sedimentos de fundo no rio Murucupi desde a confluência com o Furo do Arrozal até as suas nascentes na área de Proteção Ambiental da Alunorte e no Igarapé Ipará, um pequeno afluente do furo do Arrozal com características semelhantes ao rio Murucupi e que não foi afetado pelo transbordo de lama vermelha da bacia de rejeitos (Figura 10d e c). (IEC 2003a).

Os pesquisadores do IEC alegaram que a água do rio Murucupi refletia as características daquele momento: cinco dias após o transbordamento dos efluentes quando foi coletada as amostras. As informações sobre as condições das águas no momento do incidente que resultou no transbordo da bacia de resíduos sólidos não existem porque não foram coletadas. Assim, o impacto provocado pelo lançamento de rejeito no rio Murucupi foi rápido, propagou-se por toda sua extensão e teve um curto tempo de duração. (IEC 2003b).

Os teores de ferro (Fe) verificados nas drenagens investigadas estavam acima dos limites estabelecidos pela Resolução 020/86 do CONAMA para águas de Classe II, no entanto, o IEC não atribuiu exclusivamente ao transbordo de rejeitos, visto que, teores relativamente elevados também foram observados no igarapé Ipará que não sofreu influência do incidente ocorrido. De acordo com o relato dos técnicos da Instituto Evandro Chagas no dia 16/05/03 foi observado uma mudança acentuada nas características do rio Murucupi, sobretudo com relação de sólidos suspensos de coloração avermelhada, verificada por toda sua extensão (Figura 10a e b), atribuída inicialmente ao processo de lavagem do solo em volta da estrada de acesso ao depósito de rejeitos sólidos da área de reflorestamento da Alunorte situadas próximas as nascentes do rio Murucupi e igarapé Pramajozinho. (IEC 2003a).

A conclusão das investigações, o inquérito policial, instaurado na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil do Estado do Pará, foi pelo indiciamento da mineradora Alunorte pela prática de crime de poluição (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021).



Figura 10 - Imagem do Rio Murucupi no caso do Vazamento de lama vermelha sobre os taludes das bacias de rejeitos. As imagens a) e b) mostram o aspecto do rio Murucupi próximo a ponte de concreto na Vila dos Cabanos. Fonte: SEMMAB (2003) *apud* IEC (2003), (16/05/03). Imagem c) e d) mostram aspecto físico do rio Murucupi no momento da coleta das amostras de águas e sedimentos pelos pesquisadores do IE, próximo à Ponte na Vila dos Cabanos (20/05/03). Fonte: (IEC 2003b). Adaptado pela autora.

### 7.3. ALUNORTE - JUNHO DE 2003- AUMENTO DA VAZÃO DE LICOR CÁUSTICO POR FALHA NA VÁLVULA

No dia 22 de junho de 2003, ocorreu um vazamento de efluentes lançados no rio Pará que levou a modificações nas características do rio, como pH em torno de 12 e temperatura a cerca de 45°C, devido a uma falha no processo de produção de alumina. O vazamento ocorreu por algumas horas e após um ou dois dias começaram a aparecer peixes mortos na praia de Itupanema, um quilômetro do local onde foram lançados esses efluentes. A Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas (SAMAM/IEC) recebeu para análise trinta e cinco exemplares de peixes de água doce, em sua maioria apresentavam quadro hemorrágico sem coagulação e com necrose de coagulação, compatível de contato com compostos álcalis. (Instituto Evandro Chagas 2003 *apud* Lemos 2021).

Peritos do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves (CPC) constataram que existiam três condensadoras (A, B e C) inseridas no processo de

produção do complexo industrial. Ocorreu que, no dia 16/06/03, a condensadora C, que estava sendo implementada, apresentou uma falha precisamente na válvula de vazão do licor Cáustico. Esse equipamento, de tecnologia americana, é de grande porte e possui tubulações para transporte de vapor, condensado e produto industrial (licor), com nove trocadores de vapor. Como houve o aumento da vazão de licor cáustico, por falha na válvula de alimentação da terceira unidade de caldeira (condensadora), houve a contaminação no rio Pará. Foi constatada a morte de peixes, por hemorragia sem coagulação e com necrose de coagulação, compatível por compostos álcalis, pelo lançamento de efluentes líquidos em alta temperatura. (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021).

Uma equipe de técnicos do Instituto Evandro Chagas e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por solicitação da Alunorte, deslocou-se no dia 25/06/03 até o município de Barcarena para avaliar as possíveis causas da mortandade de peixes na praia de Itupanema, ocorrida a partir dia 23/06/03. Os técnicos do IEC, na Alunorte, foram informados que ocorreu um vazamento que levou a modificações nas características dos efluentes lançados no rio Pará que foi causado por a uma falha nos processos industriais de produção da alumina ( $Al_2O_3$ ). Após um a dois dias começaram a aparecer peixes mortos na praia de Itupanema, localizada cerca de 1 km do local onde são despejados os efluentes. No momento da visita dos técnicos do IEC a praia de Itupanema, a maré estava vazante e foi observado sobre a areia da praia a presença de uma fina camada de resíduo alaranjado. (IEC 2003b).

A equipe deslocou-se até o ponto onde ocorreu o extravasamento dos efluentes líquidos e coletou uma amostra para análises físico-químicas. A equipe deslocou-se a outras praias no rio Pará, a montante e a jusante do ponto onde foram lançados os efluentes do processo industrial e foi constatado a partir de relatos de moradores que o evento foi isolado na praia de Itupanema. Assim, a Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas analisou trinta e cinco exemplares de peixes de água doce que espécimes foram encaminhados pelo Sindicato dos Trabalhadores da Indústria Químicas (28 exemplares) e para os técnicos da Alunorte (6 exemplares). (IEC 2003a).

As amostras foram conservadas em gelo e acondicionadas em sacos plásticos. Desse modo, foi constatado que o contato com substâncias corrosivas promoveu necrose de coagulação (IEC 2003b). As investigações levaram a instauração de inquérito policial, concluindo pela responsabilização e indiciamento da mineradora Alunorte. (Polícia Civil 2003 *apud* Lemos 2021).

#### 7.4. IMERYYS – JUNHO DE 2004 – FALTA DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

No dia 27 de junho de 2004, ocorreu o transbordamento da pilha de caulim para o rio Dendê, em razão da bomba do sistema de comporta implantado pela mineradora não ter suportado a quantidade de água gerada pela elevada precipitação de fortes chuvas. (Polícia Civil 2004 *apud* Lemos 2021).

Com o aumento da precipitação das chuvas ocorreu o carreamento de minério bruto de caulim para o sistema de contenção da mineradora, que devido ao grande volume de água, parte do excedente foi para o leito do rio Dendê. O sistema de canaletas da empresa não foi suficiente para coletar e conduzir o minério a bacia de decantação, gerando um excedente que veio a atingir os corpos hídricos, além de outros vazamentos em menor quantidade na pilha de caulim. A qualidade da água utilizada para o consumo humano de poços e as águas do igarapé Curupeté que passa a trinta metros dos fundos das residências, apresentaram coloração branca e pastosa que ocasionou a mortalidade de peixes, além do fato de que sempre que ocorrem chuvas fortes há a poluição do rio Dendê provocado por rejeitos de caulim. (Polícia Civil 2004 *apud* Lemos 2021).

Os peritos concluíram que: houve poluição ambiental pelo descarte de material com coloração esbranquiçada semelhante a caulim no rio Dendê e igarapé Curupeté; disposição inadequada de produto da empresa, com pH = 2 (ácido) sujeito às intempéries e em contato direto com o solo; e a presença de pH = 4 (inadequado) nos efluentes líquidos da empresa descartado no igarapé Curupeté, conforme as constatações realizadas e os resultados das análises laboratoriais. (Polícia Civil 2004 *apud* Lemos 2021).

#### 7.5. IMERYYS- JULHO DE 2006 - INFILTRAÇÃO E VAZAMENTO NA BACIA DE REJEITOS.

Em julho de 2006, moradores do bairro Industrial, afirmaram que os poços de captação de água para consumo humano em suas residências localizadas ao lado da bacia de rejeitos n.º 3 apresentavam coloração esbranquiçada, (Figura 11). (Polícia Civil 2006).

A partir do momento em que tomou conhecimento da poluição, a mineradora passou a fornecer diariamente dois garrafões de água mineral, além de água potável por meio de carro-pipa. A diretoria da mineradora declarou que houve infiltração na bacia de rejeitos n.º 03, que possui o intuito de receber correntes de caulim com água, onde ocorre a decantação e água retorna ao processo produtivo e depois novamente a bacia, para alguns poços Amazonas, que se caracterizam pela escavação direta no solo, sem revestimento de suas paredes, sem proteção sanitária e com tampas de madeira e 8 metros de profundidade que se localizam nas residências

do bairro Industrial e depois disso implantou um sistema de abastecimento de água para aquele bairro juntamente com a Companhia de Águas de Barcarena. (Figura 11). (Lemos 2021, Polícia Civil 2006).

Após perícia nos poços Amazonas dos imóveis residenciais da comunidade do bairro Industrial (Figura 11), com aproximadamente 5,0 metros de profundidade do nível do solo até a superfície da lâmina d'água, localizados próximos a bacia de rejeitos n.º 03 da mineradora, apresentavam águas turvas e coloração esbranquiçada, característica da presença de material em suspensão, semelhante a caulim. (Lemos 2021, Polícia Civil 2006).

A caracterização físico-química das águas do igarapé Curuperé e rio Dendê, após as análises de amostras de água de 07 pontos de amostragem distribuídos ao longo desses dois corpos hídricos, constatou-se que devido a insuficiências nas etapas de alcalinização dos efluentes ácidos, ocorriam alterações em algumas características físico-químicas naturais dessas drenagens, provocando o aumento da acidez e conseqüente diminuição pH, dentre outros parâmetros. (Instituto Evandro Chagas 2007 *apud* Lemos 2021).

No Total de 600 famílias afetadas e 13 poços. A empresa Imerys alegou que prestou assistência médica e alimentar a comunidade da ilha de São João e ajudou em projetos de pesca artesanal para homens e corte e costura para as mulheres e no remanejando famílias. A empresa foi indiciada pelo cometimento de poluição ambiental inciso V da Lei 9.605/98. (Polícia Civil 2006).



Figura 11 - A Figura mostra o Poço do Tipo Amazonas, para captação de água em residência no bairro Industrial, localizado ao lado da bacia de rejeitos n.º 3 da Imerys. Fonte: (Lemos 2018 *apud* Lemos 2021).

#### 7.6. IMERYS- JUNHO DE 2007- FISSURAS E VAZAMENTO EM BACIA DE REJEITOS DE CAULIM.

No dia 11 de junho 2007, às 04:00, representantes da mineradora Imerys constataram microfissuras na bacia de rejeitos n.º 03 em local distinto da infiltração do ano anterior que aconteceu na mesma bacia que fica no limite com a comunidade do bairro Industrial, atingindo os poços do tipo Amazonas de 15 famílias. Foi constatado ainda, um problema na bomba que fazia a sucção de efluentes para aquela bacia, que depois apresentou vazamento de rejeitos de caulim, atingindo o igarapé Curuperé e o rio Dendê (Figura 12).

Moradores do bairro Industrial e da Ilha São João, presenciaram a poluição desses corpos hídricos que apresentaram coloração esbranquiçada ocasionada pelo vazamento de rejeitos de caulim de uma das bacias de contenção daquela empresa (Figura 13) (Polícia Civil 2007, Lemos 2021). O caulim atingiu a mata depois foi ao igarapé Curuperé e o restante da rede de drenagem. Vazão de caulim em direção ao Rio Dendê que coincidiu com a maré alta ocasionando vazamento sobre a pista de rolamento que separa a bacia de rejeito do bairro onde causou contaminação nos poços tipo Amazonas (Figura 12b).

As águas do rio Dendê apresentavam coloração esbranquiçada, similar a rejeito de caulim, no decorrer, com a entrada das águas do rio Pará e com a maré alta ocorreu que o rejeito de caulim alcançou as cabeceiras do rio Dendê e para igarapé Curuperé. No dia 12 de junho a coloração esbranquiçada da água do Rio dendê aumentou e foi evidenciado maior quantidade de caulim e o movimento de maré baixa contribuiu para essa visualização. (Figura 12c e d). (Polícia Civil 2007).

As águas dos mananciais eram utilizadas para higiene pessoal dos moradores daquela comunidade, bem como para a piscicultura de tucunaré e camarão antes da instalação da Imerys. A empresa tomou conhecimento e passou a tomar medidas no sentido de destruir o fluxo através de máquinas pesadas em serviços de terraplanagem, enquanto outra equipe comunicou o fato às autoridades competentes como Corpo de Bombeiros e a Defesa Estadual (na época não havia Defesa Civil Municipal que foi criada em 2015), Ministério Público e o Poder Judiciário, equipes de engenheiros das empresas trabalharam na área da bacia para a contenção dos rejeitos. (Polícia Civil 2007).

Em 13 de junho 2007 por volta das 13:00 foi feito o bloqueio do vazamento continuando os trabalhos de recuperação da bacia n.º 3 que em reunião com a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros a empresa solicitou o apoio para a retirada de algumas famílias que residem no bairro industrial ao lado da bacia de rejeitos no total de 15 famílias (68 pessoas) que foram encaminhadas para o Centro Cultural Maurício Guida e a Escola Municipal Pica-Pau Amarelo, na Vila do conde, sendo fornecido pela empresa alimentação, água e outros mantimentos, alguns poços do bairro industrial foram atingidos de forma superficial. (Polícia Civil 2007).

O vazamento de efluente da mineradora Imerys contaminou os rios e poços por bário e alumínio confirmado pelos altos teores encontrados destes elementos no efluente analisado. Assim, os efluentes da mineradora não recebem o tratamento adequado antes do lançamento no igarapé Curupeté, e em menor intensidade no rio Dendê, comprometendo a pesca de subsistência e as famílias do bairro Industrial que residem ao longo da bacia de decantação n.º 03, pois estão em área de risco químico e físico e precisam ser removidas com urgência, pois a qualidade das águas para consumo ficou comprometida tanto nesse bairro quanto na ilha São João. (Laquanam 2007 *apud* Lemos 2021).

O ponto de vazamento, nas proximidades da emenda entre as bacias de rejeitos n.º 03 e 02, constataram vestígios de desmoronamento parcial das laterais da crista do talude, características estas que são indicativas de que o dano pode ter sido produzido por ação mecânica (Figura 12a). O peritos do Centro de Perícias Renato Chaves ressaltam a proximidade entre a comunidade e a bacia de rejeitos n.º 03 constituindo uma área de risco em caso de ruptura do dique ou percolação intensa em direção a essa comunidade, que será atingida de forma abrupta pelo rejeito líquido, com risco a integridade física de seus moradores e até mesmo possíveis óbitos. (Centro Perícias Renato Chaves 2003 *apud* Lemos 2021).

Foi realizada perícia na bacia de rejeitos n.º 03 (com capacidade para represar 1.000.000 m<sup>3</sup> de rejeito líquido, altura de 15 m, sendo 6 m abaixo do nível do terreno), e após análises de relatórios, projetos e vistoria dessa bacia, os peritos relataram que os taludes à

jusante, de forma geral, não apresentavam evidências de deslocamento de terras ou rachaduras que identificassem algum comprometimento na estrutura (Lemos 2021). Por fim, a empresa foi indiciada pelo cometimento de poluição ambiental inciso V da Lei 9.605/98. (Polícia Civil 2007).

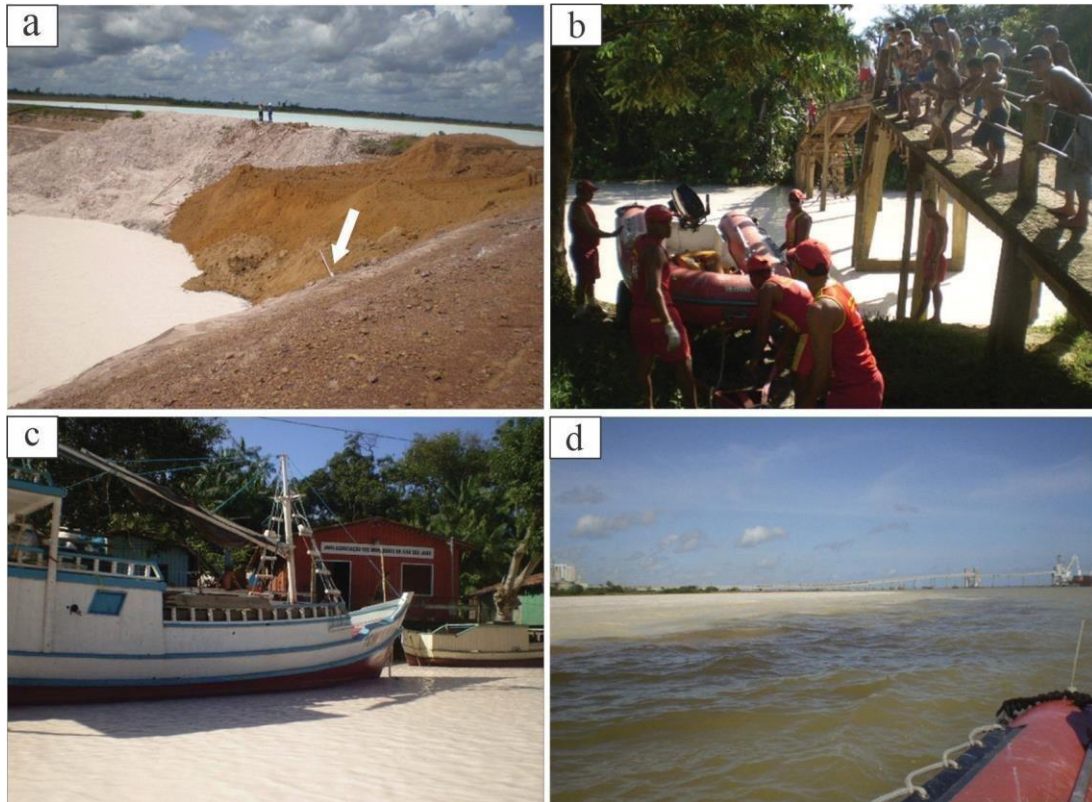


Figura 12 - A figura mostra o vazamento em bacia de rejeitos de caulim que atingiu os mananciais. A figura a) - destaca no ponto onde foi constatado microfissura na bacia de rejeitos n.º 3. A Figura b) mostra Corpo de Bombeiros Militar no rio Dendê e moradores da comunidade Ilha São João. Figura c) Rio Dendê com caulim e a comunidade Ilha São João. Fonte: (Lemos 2018 *apud* Lemos 2021). Fonte: (Lemos 2018, modificado com o acréscimo da seta). Fonte: (Lemos 2018) Adaptado pela autora.

#### 7.7. ALUNORTE- ABRIL DE 2009- TRANSBORDAMENTO DA BACIA DE REJEITO E CANAL DE DRENAGEM DA ÁREA DO DEPÓSITO DE REJEITOS SÓLIDOS.

No dia 25 de abril de 2009 por volta de 4:30, após uma forte chuva que caiu na cidade, houve o transbordamento da bacia de contenção de rejeitos que, novamente, afetou o rio Murucupi com efluentes de lama vermelha que apresentou alterações físico-químicas, turbidez, cor avermelhada e uma espuma apareceu em suas águas, atingindo as comunidades das suas margens e do Furo do Arrozal, sobretudo a comunidade do Laranjal, conseqüentemente causou danos ao meio ambiente e riscos à saúde pública. (Figura 13). Segundo moradores, alguns peixes foram vistos “zigzagueando” como se estivessem tontos. (Polícia Civil 2009).

No dia 28/04/2009 uma equipe de pesquisadores multidisciplinar da SAMAM/IEC chega ao rio Murucupi e fez a imediata constatação do lançamento de efluentes de lama vermelha no rio através da visível mudança de cor de suas águas (figura 13a) que passaram a ficar avermelhadas (figura 14b). Imediatamente a equipe SAMAM/IEC iniciou as atividades para a coleta de amostras de água sedimentos de fundo sedimentos em suspensão e plânctons para identificar outros impactos ambientais decorrentes desses derramamentos de efluentes além da avaliação da extensão dos impactos. Foram coletadas amostras em oitos pontos em que foi possível constatar impactos físicos como a visível mudança de coloração das águas do rio Murucupi com atingiram toda a extensão dessa drenagem com considerável diluição na Foz com o Furo do Arrozal em que foram observadas duas espécies peixe mortos (Figura 14c e d).

As análises revelaram o aumento significativo dos níveis Na (Sódio) no rio Murucupi e os níveis de Al (Alumínio) e Fe (Ferro) acarretam danos aos ecossistemas envolvidos que altera a diversidade das espécies o que contribui para o aparecimento de peixes mortos; os níveis elevados de Na (Sódio) são um indicativo do lançamento de resíduos de soda cáustica no rio Murucupi. As amostragens que foram realizadas no rio Murucupi na maré vazante dos dias 27/04/2009 (antes) e 28/04/2009 (depois) foram efetuadas medições *in situ* dos parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e transparência da água) bem como a coleta de água para a determinação dos fatores bióticos (fitoplâncton, Zooplâncton e cianobactérias). (IEC 2009).

Os escoamentos de efluentes da lama vermelha no rio Murucupi provocaram alterações físico-químicas da água o que ocasionou impactos ambientais e pôs em situação de risco à saúde das populações através do contato primário com águas de elevado pH que acarretou em modificações na estrutura das comunidades bióticas locais. Durante o escoamento de lama vermelha no Rio Murucupi, as comunidades fitoplanctônicas apresentam significativaredução na riqueza com a diversidade após o acidente ambiental. (IEC 2009).

Ademais, o estudo de pesquisadores do Laboratório de Química Analítica e Ambiental-LAQUANAM, da Universidade Federal do Pará-UFPA, concluíram que o vazamento de efluentes da empresa Alunorte no rio Murucupi, foi responsável pela redução do oxigênio dissolvido e morte dos peixes no rio em questão e em outros corpos hídricos próximos ao local do vazamento e que a lama vermelha, com propriedades corrosivas e metais pesados na sua constituição, se distribuiu por uma grande área, comprovado o uso de cloreto como parâmetro de indicação de poluição (Laquanam 2009 *apud* Lemos 2021).

Conforme o laudo do depósito de rejeitos sólidos (DRS) e do canal de drenagem circundante da Alunorte, expedido pelo Centro de Perícias Científicas Renato Chaves, houve o

transbordamento de grande volume de líquido acumulado no depósito de rejeitos extravasando pela parte superior (crista) do barramento em direção ao canal de drenagem (circunda toda a área do depósito), que não comportou esse volume, vindo a transbordar para a área externa, atingindo o meio ambiente. (Polícia Civil 2009, Lemos 2021, Centro De Perícias Científicas Renato Chaves 2009 *apud* Lemos 2021).

Segundo o laudo do CPC efetuado na área da mineradora e nas imediações da bacia de armazenagem de rejeitos, houve poluição ambiental na área de preservação ambiental próxima da empresa, alcançando o rio Murucupi até o Furo do Arrozal causado pelo transbordamento da bacia de contenção de rejeitos (lama vermelha) e do canal de drenagem, que contraria a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), para o lançamento de efluentes, o que causou desconformidade dos padrões físico-químicos do corpo hídrico para padrões de água da classe II, que infringe também a resolução 274/2000 do CONAMA, no que diz respeito à utilização primária do rio. (Polícia Civil 2009, Lemos 2021, Centro De Perícias Científicas Renato Chaves 2009 *apud* Lemos 2021).

As investigações concluíram pela instauração de inquérito policial e indiciamento da empresa Alunorte e dos seus representantes legais, sendo comprovado que ocorreu o transbordamento de uma barreira de contenção e canal de drenagem da área do depósito de rejeitos sólidos (DRS) da empresa Alunorte que teria ocorrido em razão de fortes chuvas (Polícia Civil 2009, Lemos 2021, Centro De Perícias Científicas Renato Chaves 2009 *apud* Lemos 2021).



Figura 13 - A figura mostra os aspectos do Rio Murucupi, A figura a) Mostra o Rio Murucupi antes do acidente do dia 25 de abril de 2009 e a figura b) mostra o rio Murucupi no dia da Amostragem feita pela equipe de pesquisadores do IEC no dia 28 de abril de 2009 após o acidente. A figura c) mostra a coloração das águas do rio Murucupi próximo a foz com o Furo do Arrozal no dia 28 de abril de 2009. A figura d) mostra a amostra de espécime de pescado encontrado morto rio Murucupi no dia 28 de abril de 2009 em que se nota mudanças de coloração nas águas de rio Murucupi e presença de peixes mortos durante o evento de escoamento de lama vermelha. Fonte: (IEC 2009). Adaptado pela autora.

#### 7.8. IMERYYS- NOVEMBRO DE 2011 - ROMPIMENTO DO MINERODUTO E VAZAMENTO DE POLPA DE CAULIM

No dia 25 de novembro de 2011, por volta das 21:10, houve vazamento de caulim do mineroduto da mineradora Imerys, na linha porto/planta, atingindo o solo, a vegetação e o igarapé Maricá, que recebe influência de maré que vem do rio Dendê e da Baía do Marajó. Esse mineroduto de material conhecido como PAD (Polietileno de Alta Densidade), faz o transporte de caulim contendo 60% de minério sólido e 40% de água, com pH neutro, por uma extensão de 2,5 km (Figura 14). A empresa registrou incidentes relacionados a incêndio na vegetação que margeia a bacia de contenção n.º 03, que recebe drenagem pluvial da planta e do porto, e água da filtragem do processo de beneficiamento do caulim. (Polícia Civil 2012 *apud* Lemos 2021).

O vazamento ocorreu na tubulação da linha Porto/Planta, mas bombas do mineroduto do Porto já estavam desligadas e todas as válvulas fechadas, da saída do Porto e chegada na

planta. A vegetação ao redor do mineraduto pegou fogo e causou o seu derretimento, os brigadistas da empresa atuando para conter fogo e fazer a contenção do vazamento do material, sendo verificado que o caulim via precipitado para o meio externo atingindo o solo e vegetação e o Igarapé Curuperé, entre o momento vazamento de caulim até a conclusão das obras de contenção efetuadas por um trator “pá carregadeira”, levou aproximadamente 40 minutos que a partir desse momento iniciaram os procedimentos de limpeza do local retirando o material que vazou para o meio externo utilizando o caminhões hidrovácuo. (Polícia Civil 2011).

Esse material foi levado através dos caminhões e através de uma tubulação até o Porto da empresa Imerys, onde há uma bacia de contenção e depois retorna para empresa que por volta das 20 horas do dia 26 de novembro concluíram os trabalhos, entretanto continuaram os procedimentos de lavagem do meio externo que foi concluído no dia 27/11/2011, por volta das 19 horas quando foi retirada a contenção feita pelo trator e liberado o fluxo normal de maré para Igarapé Curuperé. Em depoimentos de moradores e empregados da Imerys deu a entender que foi um incêndio feito por adolescentes próximos a tubulação, mas não se sabe se foi um ato de vandalismo ou foi acidental. (Polícia Civil 2011).

Com os resultados laboratoriais e constatações no local, os peritos do Centro de Perícias Renato Chaves concluíram que houve poluição ambiental pelo vazamento de polpa de caulim para o meio ambiente, em consequência do rompimento do mineroduto e se concluiu poluição ambiental no igarapé Curuperé e rio Dendê, conforme as análises de turbidez realizadas no local. Pelas informações sobre o PAD (Polietileno de Alta Densidade), este material não é próprio para locais sujeitos a riscos de “vandalismos” por fogo, havendo grandes possibilidades que acidentes desta natureza ocorram novamente caso os materiais dos dutos de caulim não sejam substituídos. (Laquanam 2011 *apud* Lemos 2021).



Figura 14 - A figura mostra parte do mineroduto substituído após incêndio na vegetação. Fonte: ( Lemos 2018). Aadaptado pela autora.

#### 7.9. IMERYS- JULHO DE 2012- VAZAMENTO DE CAULIM DO DUTO DA EMPRESA

Em 02 de Julho de 2012, por volta das 12:00 ocorreu o vazamento de caulim do mineroduto da empresa Imerys, para o igarapé Maricá que deságua no rio Dendê que com a maré vazante desceu pelo rio Dendê em direção à praia da Vila do Conde e atingiu as comunidades de Ilha São João, Maricá e ribeirinhos da margem direita do rio Dendê, o tubo de material PAD rachou e em seguida vazou para o meio externo. (Polícia Civil 2012a).

Naquele dia, ocorreu uma falha na subestação de energia da própria empresa interrompendo o seu fornecimento e o fechamento de uma válvula que cessou o recebimento do caulim que vinha do porto, que continuou bombeando para a planta, ocasionando o aumento da pressão interna da tubulação que transporta o minério, e por fim, seu rompimento (figura 15). (Polícia Civil 2012 *apud* Lemos 2001).

A interrupção na energia ocasionou o fechamento da válvula de segurança que recebe o caulim gerou um aumento de pressão na tubulação que gerou o rompimento e por conseguinte vazamento de caulim para o interior das galerias e depois para o meio ambiente. A principal comunidade afetada foi a comunidade de Maricá que é composta de aproximadamente 60 famílias, seu sustento provém, basicamente, de emprego particulares, agricultura familiar e pesca. O braço do igarapé Dendê, denominado Maricá, divide a comunidade e onde é retirada parte da alimentação de moradores, o mineroduto da empresa Imerys passa por dentro da comunidade Maricá inclusive o mineroduto que passa pela mesma estrada levando o caulim até o Porto de embarque. (Polícia Civil 2012a).

A Associação dos Moradores da Comunidade Maricá observou que a água se tornou imprópria para o banho, lavagem de roupas e entre outras atividades essenciais. A empresa forneceu apoio para todas as famílias mais afetadas da comunidade e se dispôs a ajudar a comunidade no que for necessário. Apesar de a empresa vedar o duto ao meio externo a comunidade Maricá informou que Caulim chegou até o Rio Dendê inclusive na tarde do dia 03 de julho de 2012 com a maré vazando deu para visualizar a mancha branca de caulim descendo pelo Rio Dendê em direção à praia da Vila do Conde, segundo relatos dos moradores de Maricá teriam visto camarões “pulando” depois que o caulim se misturou com a água do Igarapé. (Polícia Civil 2012b).

Peritos do CPC concluíram que a mineradora Imerys causou poluição em corpo hídrico pelo vazamento de polpa de caulim para o meio ambiente, conforme constatado no local e mediante os resultados das análises laboratoriais enviadas pelo Instituto Evandro Chagas, a empresa provocou poluição ambiental no ecossistema do igarapé Maricá (nascente do rio,

vegetação aquática e solo), em decorrência de fissura de mineroduto. (Centro De Perícias Renato Chaves 2012 *apud* Lemos 2001).



Figura 15 - A figura o Mineroduto da mineradora Imerys. Fonte: (Lemos 2018).

#### 7.10. IMERYYS- AGOSTO DE 2013- SUBSTITUIÇÃO DE MINERODUTO E VAZAMENTO DE CAULIM DE CAULIM

Em 05 de agosto de 2013, por volta das 08:00, no trecho entre a bacia de rejeitos n.º 5 e o igarapé Curuperê ocorreu o vazamento de caulim durante a troca da tubulação PAD para aço inox, material mais resistente. Essa tubulação tinha a finalidade de transportar água com caulim da bacia n.º 5 para ser reutilizada na planta da empresa Imerys (Polícia Civil 2013 *apud* Lemos 2021), (Figura 16).

Pesquisadores e técnicos do Instituto Evandro Chagas se dirigiram ao local onde foram coletadas as amostras de sedimento e água superficial para análise da qualidade do solo e da água. O vazamento ocorreu nas proximidades do que igarapé Curuperê próximo a comunidade ribeirinha de mesmo nome que utiliza água para a subsistência e atividades de pesca. Decorrente do rompimento do ducto ocorreu um pequeno acúmulo de caulim que ficou alojado em uma espécie de vala com água a poucos metros da nascente do rio o que ocasionou o embranquecimento do local que normalmente apresenta água de cor escura. (IEC 2013).

Assim, foram coletadas amostras ao longo do igarapé Curuperê pelos pesquisadores do IEC. Na avaliação das amostras de água, o elemento Al (Alumínio) apresentou o valor acima do preconizado pela legislação (CONAMA 357/05). O resultado encontrado indica que as características do Igarapé ficam comprometidas. Além disso, o efeito diluidor provocado pelo regime das marés (enchente e vazante) pode ter proporcionado o efeito de dispersão do poluente fazendo e ocorre um efeito denominado “pistão” provocando uma rápida depuração neste corpo

hídrico e conseqüentemente o “desaparecimento” de quaisquer vestígios visual de foco de poluição. (IEC 2013)

A perícia técnica realizada pelo Centro de Perícias Renato Chaves no local constatou poluição ambiental pelo vazamento de caulim para o igarapé Curuperé, em consequência da execução de obra na área externa da empresa Imerys, na substituição da tubulação de PAD por aço inox (Centro De Perícias Renato Chaves 2013 *apud* Lemos 2021), (Figura 16).



Figura 16 - Mostra a Tubulação em aço inox (esquerda) e em PAD (direita). Fonte: (CPC 2013).

#### 7.11. IMERYS- MAIO DE 2014- VAZAMENTO PELO FILTRO INVERTIDO DA BACIA DE REJEITOS

Em 06 de maio 2014, ocorreu vazamento pelo filtro invertido da bacia de rejeitos n.º 5. Após uma chuva torrencial, um pequeno vazamento de rejeito de caulim que foi potencializado pelo excesso de água de chuva e, devido a declividade do terreno, chegou até o igarapé Curuperé (Polícia Civil 2016 *apud* Lemos). A bacia n.º 5 possuía um sistema de bombeamento e recirculação de água para o sistema de beneficiamento de caulim. Na mesma bacia no sopé do talude havia uma tubulação que tinha uma parte metálica e outra em PAD, que levava os efluentes para a bacia n.º 3. (Centro De Perícias Renato Chaves 2014 *apud* Lemos 2021).

No entorno desse ponto, observou-se uma sobreposição de pedras, que cobria o talude de cima a baixo em extensão lateral de aproximadamente 20m, servindo para o reforço da estrutura da bacia nesse ponto, sendo que a utilização de pedras não foi encontrada em outros pontos da bacia e nem nas demais utilizadas para a contenção de rejeitos da polpa. Isto evidenciou a tentativa de esconder o ponto de vazamento. (Figura 17). Segundo a conclusão da perícia científica, houve poluição ambiental provocada pelas atividades da mineradora devido as evidências encontradas nos locais periciados (Centro De Perícias Renato Chaves 2014 *apud* Lemos 2021).



Figura 17 - A figura mostra o Filtro invertido no talude da bacia de rejeitos n.º 5 C, onde há reforço de pedras. Fonte: (CPC 2014 *apud* Lemos 2021).

#### 7.12. IMERYS- OUTUBRO DE 2016- VAZAMENTO DE POLPA DE CAULIM DA TUBULAÇÃO DE SAÍDA DO EVAPORADOR

No dia 29 de Outubro de 2016 às 5:40, ocorreu um vazamento de caulim na tubulação ao lado do evaporador 6 em uma área que divide a Imerys e o Terminal de Grãos Ponta da Montanha S.A (TGPM) que são separados por uma construção de argila compactada, de dois metros de altura por quatro de largura, para isolar as áreas industriais das empresas, essa estrutura se chama berma que se encontra nas laterais do terreno da Imerys e separa o evaporador das áreas da TGPM. O evaporador consiste em um equipamento utilizado para remoer água da polpa de caulim (aumentando a concentração de sólidos) que opera em regime de comadato, o evaporador recebe polpa com sólidos em torno de 50% e retorna para os tanques de polpas com cerca de 65% de sólidos que ao redor do evaporador existem canaletas de coleta de material com encaminhamento para bacia de contenção, circuito isolado daquele de água pluvial e retorna o material para o tratamento na Imerys. (Polícia Civil 2016).

De acordo com o inquérito policial, no horário de 6:10, o equipamento estava desligado, sendo que o procedimento normal nesse tipo de ocorrência é que às 7:00 este esteja desligado. A empresa Terminal de Grãos Ponta da Montanha S.A (TGPM) informou à Imerys a presença caulim na praia, imediatamente a equipe de operação da Imerys foi até o local e constatou que realmente era caulim, fez a barreira de contenção, com sacos de areia, na saída de galeria de água pluvial, sendo essa galeria localizada no terreno da TGPM. (Polícia Civil 2016).

Após, foram mobilizados dois caminhões de sucção para a imediata remoção do caulim localizado na saída da galeria e limpeza de toda a galeria de água pluvial a céu aberto, localizada atrás do evaporador 06, um caminhão foi dedicado a limpeza da galeria e outro caminhão a limpeza da canaleta, sendo que esse trabalho foi feito durante todo o sábado

(29/10/2016) e domingo (30/10/2016), inclusive com lavagem de paredes na galeria e lateral da canaleta, com aspiração de todo o material; que por volta de 12:45 horas a SEMAS (Secretaria de meio Ambiente e Sustentabilidade) e SEMADE (Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico de Barcarena) foram visitar a empresa e inspecionaram o duto de saída da galeria, a praia, vegetação daquela região, que se constatou vestígios de caulim em frente a área de descarga, não havendo sinais nas áreas contínuas, as bacias de deposição do porto e da planta. (Polícia Civil 2016).

Esse trabalho foi encerrado por volta de 20:30 e no domingo (30/10/2016), SEMAS e a SEMADE retornaram, com a presença da DEMAPA, novamente foram inspecionada as portas de visita da galeria e inspecionada a canaleta atrás do evaporador não havia presença ou vestígio de caulim no talude da berma que separa as áreas da TGPM e da Imerys e nem nas caixas de coleta de água pluvial localizadas ao redor do evaporador 6, a única anormalidade encontrada no talude foi um buraco que por sugestão de um dos investigadores da perícia, foi aberto pela empresa na tarde de domingo e nesse local foi encontrado um bolsão de caulim, uma vez encontrado esse bolsão de caulim para não comprometer a estabilidade da berma, a empresa parou a escavação e foi analisar a tubulação localizada no topo desta berma. (Polícia Civil 2016).

Nessa Tubulação foi encontrada uma fissura de aproximadamente 5,0 cm de comprimento e 0,5 cm em largura, cuja abertura projetava o material para o interior da berma, então chegou-se à conclusão que o aparecimento dessa fissura que fez o caulim penetrasse na berma, criando um caminho preferencial, atingindo a canaleta de água pluvial do lado da TGPM e conseqüente, a galeria e, por fim, a praia. (Polícia Civil 2016).

A análise pericial indicou quatro prováveis causas: a primeira delas uma falha de equipamento, que foi descartada porque todos os equipamentos estavam funcionando sem problemas. A segunda causa-falha humana, também foi descartada porque o equipamento opera no automático, não havendo manobras de campo. A terceira causa-desgaste do material, foi descartada porque o Polietileno de Alta Densidade (PAD) tem vida útil de mais de cinquenta anos e essa tubulação, portanto, dentro do padrão. A última hipótese uma falha localizada no material que compõe a tubulação PAD que não foi possível a detecção durante a montagem dessa tubulação, a qual serve como cinturão de proteção que restringe vazamentos do interior da Imerys para o exterior e contém qualquer vazamento. (Polícia Civil 2016).

Conforme perícia realizada no local e análise de documentos recebidos, foi constatada poluição ambiental devido o lançamento de polpa de caulim nas águas do rio Pará, na praia próxima ao ponto de lançamento do sistema de drenagem de águas pluviais e no solo em área

próxima do ponto de ruptura da tubulação no interior da área sob a responsabilidade da empresa Imerys. (Centro de Perícias Científicas 2019 *apud* Lemos 2021). A empresa foi indiciada pelo cometimento de poluição ambiental inciso V da Lei 9.605/98. (Polícia Civil 2016).

### 7.13. ALUNORTE-FEVEREIRO DE 2018- LANÇAMENTOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS PARA O MEIO AMBIENTE

No dia 17 de fevereiro de 2018, o pátio da Alunorte foi encontrado alagado, o que indicava que uma tubulação pertencente a mineradora lançou efluentes que atingiu o rio Murucupi, conseqüentemente prejudicou as comunidades próximas. Notou-se que o rio Murucupi apresentava coloração avermelhada e uma espuma branca, os moradores verificaram que a água dos poços de abastecimento das comunidades havia a presença da mesma espuma, mudança de cor e do sabor. Ainda segundo as investigações, no dia houve lançamento de efluentes por comportas antigas que não eram mais utilizadas pela mineradora. (Polícia Civil 2018).

O Ministério Público Estadual do Estado do Pará (MPE-PA) e do Ministério Público Federal (MPF) solicitaram ao Instituto Evandro Chagas-IEC o envio de pesquisadores até as instalações da Alunorte. No dia 18/02/2018, o MPE-PA repassou as imagens acerca do sobrevoo realizado na área no dia 17/02/2018 que consiste na figura 19a. A imagem foi indicativa de extravasamentos de efluentes para o ambiente. Também, nas figuras 19b, c e d podem ser observadas imagens em igarapés próximos as comunidades Bom Futuro e Vila Novano dia durante o possível escoamento de efluentes no dia 17/02/2018 estas imagens mostram águas de coloração avermelhada em ambas as áreas. (IEC 2018a).

Neste mesmo dia, na comunidade Bom Futuro, foram coletadas amostras de águas superficiais pela assessoria técnica do MPE-PA e encaminhadas ao IEC através da equipe da SAMAM/IEC que se encontrava em campo no dia 18/02/2018. No dia 18/02/2018 a mesma equipe esteve nesse mesmo local na comunidade Bom Futuro e foram coletadas amostras de águas superficiais. Ressaltando que no dia 18/02/2018 era perceptível a diminuição do volume e mudança na coloração das águas superficiais. Ademais, as margens desses igarapés são cavadas poços para captação de águas para consumo humano e os relatos dos moradores indicam que eles também foram afetados pelo transbordo de efluentes. (Figura 19 b). (IEC 2018a).



Figura 18 - A figura mostra os lançamentos de efluentes líquidos para o meio ambiente e a situação dos rios. Figura a) mostra os indícios de extravasamentos para o ambiente externo da área da empresa Hydro. A figura b) área próxima da comunidade Vila Nova, no dia 17/02/2018 quando ocorria escoamento de efluentes. A figura c) e d) mostram área da comunidade Bom Futuro no dia 17/02/2018 quando ocorria possível escoamento de efluentes. Fonte: (IEC 2018a). Adaptado pelo autora.

No dia 18/02/2018 a equipe do IEC também esteve na área interna das instalações da empresa Hydro Alunorte. Os técnicos da empresa informaram aos pesquisadores que não haviam ocorridos rompimentos e transbordamentos e que todos os efluentes tanto das bacias quanto de escoamento superficial foram drenados para sistema de tratamento. Na sequência foram iniciadas visitas guiadas nas áreas da DRS1 e DRS2. Na DRS2 não foram observadas anomalias nas áreas que a empresa permitiu visitar. Nesta as mantas de impermeabilização aparentemente pareciam integras e o escoamento dos efluentes ocorria normalmente por dutos e canais. No entanto, na DRS1 foi observado que uma das bacias de resíduos havia

recentemente transbordado, (figura 19c), pois as lonas se encontravam com resíduos de lama vermelha em toda sua extensão. (IEC 2018a).

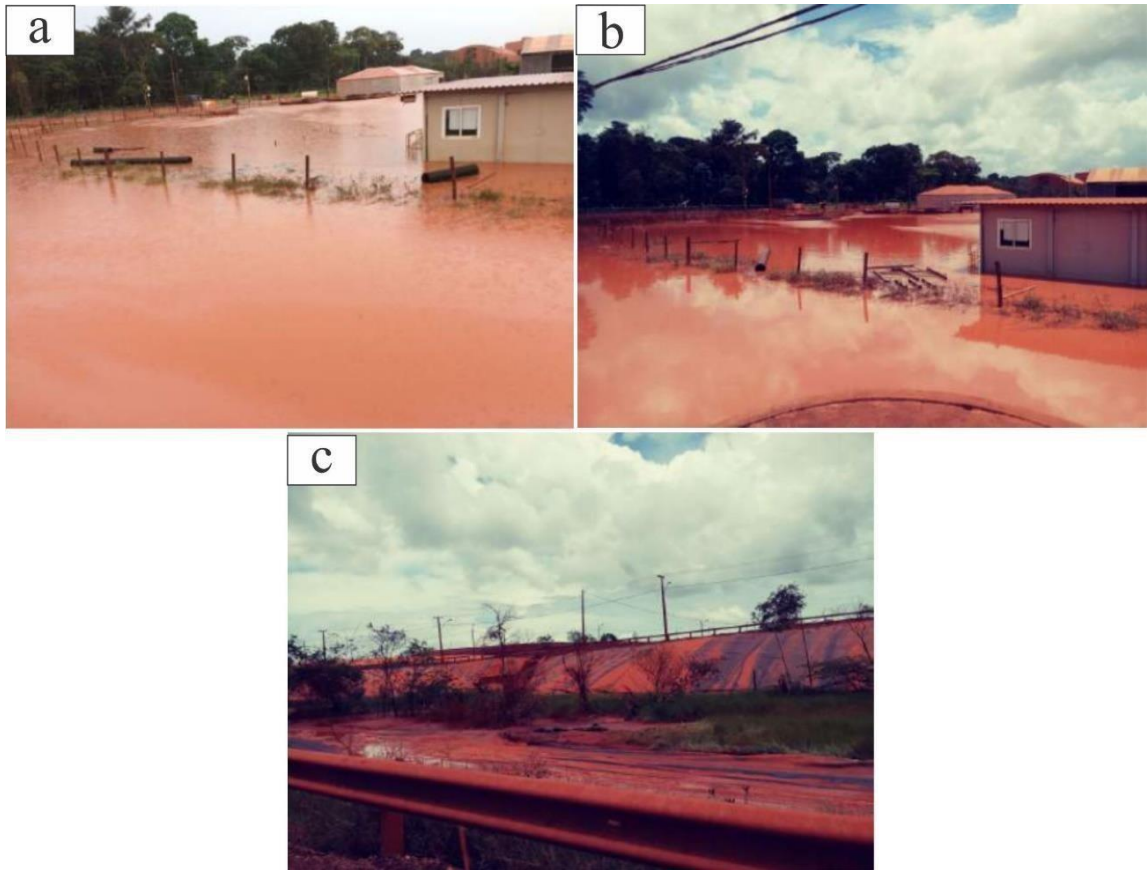


Figura 19 - A figura mostra as evidências de falhas no processo de escoamento e tratamento de efluentes. A figura a) mostra área SAMP 45 inundada por efluentes dentro da empresa Hydro Alunorte no dia 17/02/2018. A figura b) mostra a mesma área SAMP 45 inundada por efluentes dentro da empresa Hydro Alunorte no dia 18/02/2018. A Figura c) mostra as evidências de transbordo de efluentes na bacia de resíduos localizada na DRS1 e nas mantas tomadas de resíduos de lama vermelha. (Fonte: IEC 2018a). Adaptado pela autora.

A equipe de pesquisadores visitou a denominada SAMP 45 onde foi evidenciado a grande área alagada por efluentes, tanto no dia 17 quanto no dia 18/02/2018, (Figura 19a e b). No entanto, no início da visita a empresa afirmou que havia conseguido tratar todos os efluentes do dia anterior e estas imagens mostram justamente o contrário. Também se deve destacar que medições de sonda registraram alta alcalinidade desse efluente não tratado ( $\text{pH}=9.93$ ), bem acima da resolução CONAMA 430 de 2011. Este pH se assemelha a efluentes de bacias de lama vermelha. Contudo, na mesma área foi observada uma tubulação clandestina de lançamento destes efluentes não tratados para o ambiente, (Figuras 20a e b). Ressaltando que o termo clandestino está aqui associado ao fato de a empresa declarar desconhecer esse lançamento durante estas atividades. A equipe da SAMAM/IEC coletou amostra no ponto de lançamento de efluente não tratado. (IEC 2018a).



Figura 20: A figura mostra o lançamento clandestino de efluentes a partir da área inundada. A figura a) mostra a Tubulação para escoamento de efluentes. E a Figura b) mostra efluentes escoando para o ambiente. Fonte: (IEC 2018a). Adaptado pela autora.

Os resultados físico-químicos e níveis de metais nas amostras mostraram que no dia 17/02/2018 ocorreram alterações nas águas superficiais que comprometeram a qualidade das mesmas, segundo a Resolução CONAMA 357/2011 e impactaram diretamente na comunidade Bom Futuro. Destacando que neste momento as águas apresentaram níveis elevados de Alumínio e outras variáveis associadas aos efluentes gerados pela Hydro Alunorte. (IEC 2018a).

Desse modo, o Instituto Evandro Chagas comprovou a contaminação do rio Murucupi, e provavelmente do lençol freático da área, o que levou a prefeitura do Município a fornecer água potável aos moradores da área. A comunidade alegou problemas de saúde, como alergias e problemas estomacais, pois as águas de seus poços está imprópria para consumo que diante da situação e com fim apurar responsabilização daqueles que deram causa a situação criminosa, solicitando as perícias necessárias e demais diligências. (Polícia Civil 2018).

O Ministério Público Federal e o Ministério Público Estadual ajuizaram a ação cautelar antecedente com pedido liminar contra Alunorte, Norsk Hydro Brasil LTDA, para o deferimento de diversas providências voltadas à minimização dos impactos advindos do lançamento de efluentes não tratados no meio ambiente, como: o alagamento de parte da planta industrial com indicativo de galgamento do Depósito de Resíduos Sólidos 2-DRS2; existência de tubulação clandestina para despejo irregular de efluentes não tratados diretamente no meio ambiente; indícios de extravasamento de efluentes de uma das bacias de contenção para o canal de drenagem pluvial, iminente extravasamento das bacias; inexistência de barreiras físicas entre os Depósitos de Resíduos Sólidos-DRS e a área das comunidades e, ainda, a alteração na coloração do igarapé localizado próximo à comunidade Bom Futuro. (Ministério Público Federal 2018 *apud* Lemos 2021).

Para o Ministério Público Federal, restou constatado o galgamento do Depósito de Resíduos Sólidos-DRS2, que estava em operação, recebendo rejeitos da atividade industrial, que não tinha Licença de Operação, apenas “Autorização de Comissionamento” e a ausência de plano de ação emergencial efetivo para proteção das comunidades, em violação à Lei de Segurança de Barragens. Também constatou em depoimento de servidores da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), a existência do “canal reserva” ou “canal antigo”, utilizado para despejo de efluentes pluviais não tratados diretamente no rio Pará, fato inclusive admitido pela empresa e de pleno conhecimento da SEMAS. (Lemos 2021).

Também, identificada a existência de um “desvio de drenagem de água pluvial do galpão de carvão”, o qual possibilitou que água da chuva contaminada com esse material, e sem tratamento, fosse lançada no meio ambiente. Para o Ministério Público Federal, desenhou-se um cenário preocupante, no qual fortes chuvas atuaram sobre uma estrutura ainda não autorizada a operar, somado ao extravasamento por meio de duto irregular, ausência de garantia de segurança dos taludes e da estrutura que dá suporte ao DRS2, iminente esgotamento da capacidade de operação do DRS1 e o dano concreto, decorrente da presença de poluentes nos resíduos do processo produtivo da empresa. (Ministério Público Federal 2018 *apud* Lemos 2021).

Ademais, as água superficiais e poços residenciais, em corpos hídricos que compõem as bacias hidrográficas dos rios Pará, Murucupi, São Francisco, Arienga, Arapiranga, Guajará do Beja, Maracapucu e Campupema, e efluentes dentro da área da Norsk Hydro Alunorte e nos seus arredores, os pesquisadores concluíram, que estavam presentes diversos metais tóxicos, acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, com elevados níveis de chumbo, alumínio, sódio e outras substâncias prejudiciais à saúde e associadas aos efluentes gerados pela produção da Alunorte, o que corrobora com a possibilidade de que as águas pluviais que extravasaram da empresa estivessem misturadas aos resíduos industriais dos DRS1 e DRS2. (Instituto Evandro Chagas 2018 *apud* Lemos 2021).

## 8. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Após a coleta de fontes e de dados que foram feitas por meio de busca bibliográfica como artigos de revistas e periódicos acadêmicos especializados e documentos de órgãos públicos foi possível identificar os aspectos fisiográficos do município em questão e os impactos ambientais causados pelas atividades de mineração do período 2003 a 2018, historiar e identificar os danos causados ao meio ambiente. Desse modo, pode-se discutir sobre a problemática que o trabalho propõe.

### 8.1 OS DANOS DOS IMPACTOS OCORRIDOS AO MEIO AMBIENTE

O município de Barcarena apresenta uma rede de drenagem extremamente afetada pelos impactos que foram descritos, a saber: os efluentes das empresas com característica físico-químicas diferentes alcançam os mananciais e causam danos expressivos; no parecer técnico do IEC considera que os elementos presentes na constituição dos efluentes lançados podem modificar drasticamente o *background* geoquímico das águas naturais e elevar a concentração de elementos tóxicos. O acúmulo e/ou lançamento desses efluentes para o ambiente sem o devido tratamento pode ocasionar impactos ambientais irreversíveis aos ecossistemas aquáticos e terrestres. Também para as populações que residem e dependem dos rios que como foi mostrado dependem dos rios. (IEC 2018b).

No primeiro impacto ambiental em abril de 2003, nota-se a mudança cor do rio Murucupi onde foi despejado o esgoto industrial, mudança no odor e sabor das águas e conseqüentemente a morte de espécies de peixes, crustáceos e poluição da vegetação de várzea. No segundo impacto em Maio de 2003, danificou o lençol freático pela presença de Al e Na às proximidades das bacias de rejeitos e os teores de Fe verificados nas drenagens investigadas pelos órgãos de pesquisa estavam acima dos limites estabelecidos pela Resolução 020/86 para águas de Classe II.

No terceiro impacto em Junho de 2003, ocorreu a mudança de pH e temperatura devido ao extravasamento efluentes acarretou na mortandade de peixes por quadro hemorrágico sem coagulação e com necrose de coagulação, compatível com contato com compostos alcalis. Em Junho de 2004 ocorreu a alteração da cor, cheiro e sabor da água e mortandade de peixes. Em Julho de 2006 ocorreu a alteração da cor da água dos poços de captação do tipo Amazonas. Em Junho de 2007, alterou-se a cor da água dos poços de captação do tipo Amazonas.

Em Abril de 2009 ocorreu a mortandade de peixes, turbidez e alterações na cor e espuma nas águas do rio Murucupi. Em Novembro de 2011, houve a mudança da coloração da água do igarapé Maricá. Em de Julho de 2012, modificação de coloração da água do igarapé

Maricá e rio Dendê. Em Agosto de 2013, alteração da coloraçãoda água do rio Pará (Baía do Marajó). Em Outubro de 2016, mudança da coloração da água do rio Pará (Baía do Marajó). Em Fevereiro de 2018, alteração da coloração do rio Murucupi após vazamento de efluentes.

Sabe-se que os minerodutos transportam polpas de minérios, o parecer técnico do IEC afirma que contínuas agitações mecânicas e lixiviações e a produção industrial, naqual ocorre a transformação química desses materiais em elevadas temperaturas, são condiçõesfavoráveis para promover forte disponibilização desses elementos para o ambiente através dos efluentes líquidos gerados, sobretudo quando há o vazamento de polpa de minério para o meio físico. (IEC 2018c).

## 8.2 A URBANIZAÇÃO E A RELAÇÃO COM A VULNERABILIDADE SOCIAL GERADA PELOS IMPACTOS AMBIENTAIS

No Estado do Pará se incentivou políticas modernizantes que fomentou o crescimento econômico, porém de forma predatória pelo uso da natureza e excludente socialmente. Com a instalação das atividades de mineração no município de Barcarena ocorreu a modificação na dinâmica populacional, sobretudo a interação da sociedade com os rios. O cenário de construção da infraestrutura industrial, alterações no meio físico-natural, fluxo migratório, produção de bens, oferta de empregos e serviços, expansão da periferia urbana, entre outros dinamismos que escancaram territórios de início desigual. Barcarena passou por um processo de urbanização intenso edesordenado que culminou com o surgimento de núcleos urbanos as margens dos principais rios da região, como exemplo o rio Murucupi é vulnerável à esgoto doméstico e ao transbordamento de rejeito de bauxita o que influencia na qualidade de água, dos sedimentos, nos organismos aquáticos e consequências na saúde da população. (Rocha 2019).

O processo de urbanização é atenuado a partir da década de 1980 com a expansão da Vila dos Cabanos que ocorreu sobretudo para atender às demandas das empresas, como: residência para os trabalhadores, instalação de comércio, saúde, educação, entre outros, enquanto que o retorno de investimentos necessários a cidade, a população de Barcarena é desigual, o que implica em paradoxos urbanos, que são resultados da influência de políticas governamentais com interesse externo que acarreta em uma nova estruturação do espaço urbano que influencia diretamente no saneamento, urbanismo, criminalidade e embelezamento da cidade para a coletividade. (Freitas 2010, Rocha 2019).

As disparidades políticas de planejamento e ordenamento territorial da cidade é visto nos impactos na estrutura urbana, no descontrole na ocupação e regulação do solo, a antropização de áreas verdes, o desemprego, impacto na vida local em vários níveis, que

exprime novos arranjos na sua expansão territorial, demarcando novos territórios de poder além de riscos socioambientais, paisagem físico natural e sociocultural alterada por processos de desestruturação espacial decorrentes da expansão do capital produtivo vigente, como pode se notar os bairros residências estão muito próximos dos empreendimentos de mineração. (Freitas 2010, Rocha 2019). Bem como, as comunidades dependentes dos rios são as primeiras a serem afetadas pelos acidentes gerados pela mineração, sobretudo as suas atividades de subsistência como a pesca e alimentação que influencia diretamente na saúde desta população.

A saber: Vila dos Cabanos, criada para atender às necessidades de instalação e funcionamento do Complexo industrial da Albrás-Alunorte, o que gerou uma desapropriação e remanejamento dos moradores residentes na área definida para a instalação das obras de infraestrutura do complexo industrial; parcela dessa população residente anteriormente à instalação desse complexo industrial veio a ocupar o entorno da planta industrial, especialmente de Vila dos Cabanos, compondo os assentamentos urbanos espontâneos, com destaque para os bairros Novo, Pioneiro e Laranjal (Freitas 2010, Rocha 2019). Em áreas de expansão urbana como a Vila dos Cabanos, com predominância de uso habitacional que se expande ao longo dos anos de forma desordenada apresenta extensas áreas desmatadas para a implantação de complexos industriais e portuários, com recorrentes ampliações nos últimos anos. (Guimarães 2020)

Com essas disparidades urbanas descritas pode-se associar a doenças relacionadas ao desmatamento que atinge a fauna e flora e conseqüentemente atinge o município. Segundo Sousa Júnior (2017) no período de 2007 a 2014, o município de Barcarena apresentou a maior prevalência de Doença de Chagas do Brasil. Esse fato pode estar associado às particularidades da dinâmica demográfica, fluxo migratório e precariedade de condições habitacionais das populações, aos fatores ambientais como ocupação de áreas de floresta de várzea, sobretudo na Região das Ilhas, onde são encontradas as palmáceas (ecótipos preferencias dos triatomíneos) e às atividades econômicas como pecuária ostensiva, mineração, aberturas de rodovias e expansão desordenada da malha urbana.

Guimarães (2020) aborda sobre a Leishmaniose em que o município de Barcarena, pertencente é um dos municípios mais endêmicos do estado. Considerando a classificação do Ministério da Saúde, o padrão epidemiológico de situação domiciliar constatado foi de predominância rural, já o padrão de transmissão, pelo histórico da área, indica que inicialmente houve um padrão "ocupacional" originado pelas conforme instalações e obras de grande porte da Albrás. Este evento polarizou a área gerando intenso fluxo migratório de mão de obra para suprir a oferta de trabalho nas instalações passando para um padrão epidemiológico "rural e periurbano em áreas de colonização". A expansão da leishmaniose tem sido observada na bacia

amazônica como resultado de atividades humanas como o desmatamento, estabelecimento de plantações de campo e crescimento as áreas de mineração. (Guimarães 2020).

Quase a totalidade da cobertura vegetal é de floresta secundária devido às atividades extrativistas e agropecuárias, persistindo ainda focos de degradação no município, seja para ampliação das obras de grande porte, retirada de materiais arenosos, ou limpeza de áreas paraplantio e criação de animais. Estas últimas atividades caracterizam também um padrão epidemiológico "silvestre" ligado à exploração de recursos minerais e de atividades agropecuárias. (Guimarães 2020).

### 8.3 AS EMPRESAS

As informações descritas aqui foram retiradas dos sites oficiais das empresas. A Hydro mostra como está procedendo para evitar impactos desde o último caso de 2018. Em relação a Imerys encontrou-se somente o que é descrito aqui.

#### 8.3.1. Hydro

A Hydro alega que seus depósitos passam por diferentes tipos de inspeções, contando com avaliações de rotina feita pela equipe interna da Hydro Alunorte e avaliações semestrais feita por uma consultoria externa, nas inspeções são verificadas as condições dos diques, vertedouros, geomembrana e os níveis das bacias de armazenamento de água. Além disso, a Hydro Alunorte gera relatórios trimestrais de acompanhamento. Toda a instrumentação dos depósitos também é monitorada diariamente pela equipe de geotecnia da Hydro. (Hydro 2021).

Ademais, a empresa projetista dos depósitos realiza inspeções para comparar a operação da estrutura com a prevista no projeto, emitindo documentação de estabilidade e integridade dos depósitos. Além dos controles realizados nos DRS1 e 2, em que no DRS1 são feitos levantamentos a laser, assim como análises computacionais para cálculo da estabilidade do depósito. No DRS2, o monitoramento inclui, ainda, a instrumentação geotécnica por piezômetros, inclinômetros e marcos superficiais, além de inspeções visuais periódicas. (Hydro 2021).

As bacias e os depósitos são cobertos com geomembrana que impede a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Todos esses sistemas foram avaliados por professores da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), amplamente reconhecidos como especialistas na área de engenharia química, o que confirmaram que a Alunorte pode produzir com segurança a 100% de sua capacidade do ponto de vista da gestão da água. Neste estudo, os pesquisadores simularam cenários de armazenamento, bombeamento e tratamento de água,

considerando diferentes níveis de produção e precipitação de alumina, usando plataformas de modelagem e simulação reconhecidas internacionalmente. A equipe de pesquisa, composta por 14 pessoas, foi coordenada pelo Dr. Romildo Pereira Brito e pelo Dr. Gilmar Trindade de Araújo, ambos professores da UFCG. (Hydro 2021).

Segundo Hydro, as melhorias da Alunorte são a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) da Alunorte trata 100% da água que passa pela planta, inclusive água de chuva, a empresa reutiliza 60% da água proveniente do mineroduto e faz o controle online da qualidade do tratamento, verificando: vazão, pH, temperatura e turbidez corre o pH de aproximadamente 8 a 14 para aproximadamente 7 a 8. A Alunorte realiza o monitoramento mensal da qualidade do ar nas comunidades do entorno. Os parâmetros analisados são o total de partículas em suspensão e SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre). (Hydro 2021).

A empresa possui três estações de monitoramento da qualidade do ar nas comunidades: Vila dos Cabanos; Planta (localizada atrás da Albrás); e Vila do Conde. A Alunorte aplica precipitadores eletrostáticos, filtros de mangas; controle pela irrigação dos acessos e monitoramento contínuo das fontes de emissões da fábrica (calcinadores rotativos e caldeiras) para garantir baixas taxas de emissões na refinaria. A empresa mantém 16 pontos de medição de ruído e realiza uma análise anual de ruído nas áreas do entorno da fábrica. Todos os resultados estão abaixo do nível permitido pelo CONAMA n° 01/90. (Hydro 2021).

Em relação aos efluentes tratados, a Alunorte monitora e analisa continuamente a qualidade e o cumprimento de todos os parâmetros legais aplicáveis. Os parâmetros observados são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio, material inalável, coliformes termotolerantes; óleo e graxa, ferro, Nitrogênio amoniacal, temperatura, pH, sílica, sulfato, sólidos suspensos, sódio, alumínio, cálcio, ferro, magnésio, alcalinidade, cloreto, oxigênio dissolvido na água, metais estabelecidos na resolução do 430 do CONAMA. A Alunorte, de acordo com sua licença de operação, realiza o monitoramento de metais pesados a cada 6 meses. Todos os resultados, incluindo cádmio, arsênio, cromo, mercúrio e chumbo estão abaixo dos limites legais. Esses dados são reportados às instituições ambientais anualmente, conforme previsto na licença de operação (Hydro 2021).

A Alunorte tem uma equipe comunitária de resposta a emergências ambientais, que tem como objetivo alertar e orientar as comunidades do entorno o mais rápido possível, com foco nos eventos da operação da refinaria. Todos os contratados são das comunidades do entorno. A equipe foi treinada para prestar primeiros socorros e atendimento de emergência. Além disso, como parte do Plano de Atendimento a Emergências para as comunidades, a Alunorte possui veículos equipados com alto-falante para comunicação com a população. Estes

veículos estão estrategicamente posicionados para ação rápida e chegada de informações para a sociedade. A preservação do meio ambiente, gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes (Hydro 2021).

### **8.3.2. Imerys**

Segundo a Imerys, em seu site, esta investe na proteção de suas bacias de contenção de rejeitos, garantindo a segurança de seus empregados e das comunidades ao redor de suas operações que são monitoradas 24 horas por dia, as estruturas têm inspeções técnicas e auditorias semestrais, efetuadas por consultores externos especializados (Imerys 2021).

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs contribuir para o entendimento da problemática dos impactos ambientais em Barcarena no período de 2003 a 2018, com o intuito de apresentar os acidentes ambientais, históriá-los, saber sua cronologia, identificar danos e propor uma discussão sobre a temática. Ao longo de 16 anos de levantamento de dados, foram identificados 13 acidentes, com uma média de aproximadamente de 0,8 de acidentes por ano.

O ciclo repetitivo de impactos ambientais gera risco imensurável ao meio ambiente, como consequência a população é cada vez mais vulnerável com o passar dos anos que se visualiza no capítulo de análise e discussão. Desse modo, se nota a falta de medidas profiláticas que possibilitam mudanças na raiz do problema das atividades minero-metalúrgicas para evitar que esses desgastes aconteçam e, por fim, encerrar este ciclo. Haja vista que os órgãos finalizadores não foram tão criteriosos com punições para empresas o que contribui para esse histórico de acidentes.

A partir disso, os relatórios técnicos do IEC, os pesquisadores reforçam a realização de programas de biomonitoramento, estudos ecotoxicológicos, mutagênicos e genotóxicos e até avaliação da exposição ambiental humana em grupo populacional significativo. Também, recomenda-se a análise de microcistina na água, a avaliação da evolução do evento de floração através do monitoramento das densidades de cianobactérias e a construção de uma cartilha de orientações sobre o uso da água pela população local durante as florações de cianobactérias e implementação imediatamente estudos de biomonitoramento no rio Pará e seus afluentes e praias de Barcarena, inclui monitoramento físico-químico, metais pesados, nutrientes, hidrocarbonetos, cianotoxinas, zooplâncton, fitoplâncton, cianobactérias, pescado e mariscos da região.

A percepção de risco deve ser considerada a base para a elaboração de estratégias de comunicação, de educação ambiental e de participação popular na gestão de riscos. É necessário, também, acompanhamento pelo órgão fiscalizador. O município de Barcarena tem potencial para sair desse ciclo repetitivo de desastres.

## REFERÊNCIAS

- Ab'Saber A. N. (ed). 2003. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo, Atelier Editorial.
- Antonioli L., Távora V. A., Dino R. 2015. Palynology of carinoliths and limestones from the Baunilha Grande Ecofacies of the Pirabas Formation (Miocene of Pará state, Northeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **62**: 134-147.
- Almeida F. M., Matta M. A. S., Prado J. B., Dias É. R. F., Bandeira I. N., Figueiredo A. B., Brasil R. O. 2006. Análise geométrica e susceptibilidade à contaminação dos sistemas aquíferos da região de Barcarena/PA. In: 14º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. *Anais[...]*. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22172>. Acesso em: 16 julho de 2021.
- Alves I. H. C. 2012. *Geologia ambiental e sedimentologia do estuário do rio Dendê, Barcarena, Pará*. Orientador: Luis Ercílio do Carmo Faria Junior. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém, 134 p.
- Bandeira I. C. N. 2006. *Características hidrogeológicas de Barcarena/Pa, como base para o planejamento urbano municipal*. Orientador: Milton Antônio da Silva Matta. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 82 p.
- Bertolino L. C. 2012. Caracterização mineralógica e beneficiamento do caulim de Prado (BA). *Holos*, **5**: 83-92. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2012.1161>. Acesso em: 1 dezembro de 2021.
- Bertolino L.C. 2000. *Caracterização mineralógica e tecnológica do caulim da região de Prado - BA, visando a sua utilização na indústria de papel*. PhD Thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 149 p.
- Bertolino M. L., Torem R. B., Scorzelli A. M., Rossi L. C. 2003. Caracterização Mineralógica e Beneficiamento do Caulim de Prado (BA). *Revista Holos*, **28** (5):83-92.
- Braga R. M. Q. L. 2010. *Utilização de uma camada de solo compactado como revestimento impermeabilizante de fundo de bacias de disposição de lama vermelha produzida em Barcarena-PA*. PhD Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica Universidade Federal do Pará, Belém, 175 p.
- Coelho M. C. N. 2005. Regiões do entorno dos projetos de extração e transformação mineral na Amazônia Oriental. *Cadernos NAEA*. Belém, **8** (2):73-107.
- Companhia Docas do Pará. 2015. *Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário*. Disponível em: <https://www.cdp.com.br/documents/10180/44712137/PDZ+-+2015+do+porto+de+vila+do+conde.pdf/1fd232e0-19b5-4ac4-b5a8-2056670c9ac0>. Acesso em: 27 de outubro de 2021.
- Costa M. L. 2016. Alumínio e bauxita no Brasil. In: Melfi A. J., Misi A., Campos D. A, Cordani U. G. (ed). *Recursos minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro, p.166-173.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). 2005. *Resolução No 357*, de 17 de março de

2005.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). 2011. *Resolução No 430*, de 13 de maio de 2011.

Dominguez J.M.L. 2011. A Evolução Pós- Barreiras da Zona Casteira Leste do Brasil. In: 13º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. *Extended Abstract*[...]. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/landim2011.pdf>. Acesso em 22 de junho de 2021.

Embrapa Amazônia Oriental-EMBRAPA. 2002. *Mapa de suscetibilidade à erosão das terras do Município de Barcarena, Estado do Pará*. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106245/1/Erosao-do-Municipio-de-Barcarena-Doc.-155-2003.pdf>. Acesso em 07 de dezembro de 2021.

Freitas S. J. N., Silva M. A., Sodré G. R. C., Santos M. R. S. 2020. Vulnerabilidade aos processos erosivos relacionada com a sazonalidade no município de Barcarena, Pará. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, **11** (7): 448-462. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0036>. Acesso em 31 de Outubro de 2021.

Guimarães L., Veiga N., Guimarães R., Santos K. de S., Catete C. 2020. Epidemiologia espacial da Leishmaniose: um estudo do perfil socioepidemiológico em Barcarena-PA. ISSN: 2447-8822, de 2007 a 2013. *Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA*, Três Lagoas, **11** (2): 19-35.

Hydro 2021. *Barcarena*. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/barcarena/>. Acesso em: 27 de dezembro de 2021.

Imerys 2021. *Imerys Brasil*. Disponível em: <https://www.imerys.com/pt-br/brasil>. Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

Instituto Evandro Chagas (IEC). 2018a. *Avaliação preliminar dos impactos ambientais referente ao transbordo e lançamentos irregulares de efluentes de lama vermelha na cidade de Barcarena, Estado do Pará*. Nota Técnica SAMAM-IEC 002/2018 (Relatório Nº: 003/2018) PROCESSO. p. 51.

Instituto Evandro Chagas (IEC). 2009. *Caracterização preliminar dos impactos ambientais danos ao ecossistema e riscos à saúde decorrentes do lançamento no rio Murucupi de efluentes do processo de beneficiamento de Bauxita*. Barcarena- Pará. 1ª. Relatório 001/2009 folha no3/32, abr.

Instituto Evandro Chagas – (IEC). 2018b. *Coordenação da qualidade – CQ, relatório técnico – Rt, Rt Samam 10.2 – 001*, Revisão: página 1 de 25, data efetiva: 27/02/2018, relatório técnico, emissor: Coordenação Técnica, Rod BR 316 km 07 s/n – Bairro Levilândia - CEP: 67.030-000 – Ananindeua – Pará. Disponível em: [www.iec.pa.gov.br](http://www.iec.pa.gov.br). Acesso em: 02 de Fevereiro de 2022.

Instituto Evandro Chagas – (IEC). 2018c. Relatório Nº: 002/2018 Processo Nº: 010/2018. *Avaliação dos impactos referente ao transbordo de efluentes de lama vermelha na cidade de Barcarena*. Estado do Pará. Disponível em: [www.iec.pa.gov.br](http://www.iec.pa.gov.br). Acesso em: 02 de Fevereiro de 2022.

Instituto Evandro Chagas (IEC). 2013. *Relatório técnico de avaliação da ocorrência da ocorrência de vazamento de caulim- Igarapé Curuperê (Barcarena – Pará)*. Relatório 006/2013. Folha 1/16, Ago. Disponível em: [www.iec.pa.gov.br](http://www.iec.pa.gov.br). Acesso em: 03 de Fevereiro de 2022.

Instituto Evandro Chagas (IEC). 2003. Seção de Meio Ambiente. *Relatório técnico da avaliação da mortalidade de peixes no rio Murucupi Ocorrida no dia 04/04/03, no município de Barcarena – Estado do Pará* (Equipe Santos E. C. de O., Brabo E. da S., Sá L. L. C. de, Lima M. de O., Girard R. P.) Belém-Pará Abril. Disponível em: [www.iec.pa.gov.br](http://www.iec.pa.gov.br). Acesso em: 05 de Fevereiro de 2022.

Klein C. & Dutrow B. (ed). 2007. *Manual of mineral science*. (after J.D. Dana). Illinois, Wiley. 716p.

Lemos M. A. Q. 2018. *Influência da precipitação na atividade de beneficiamento de caulim em Barcarena-PA e seus impactos socioambientais*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 88p.

Lemos M. A. Q. & Pimentel M. A. S. 2021. Mineração e desastres ambientais com rejeitos de bauxita e caulim no município de Barcarena-Pará-Brasil-Amazônia. *Revista Territorium*, **28** (I): 2021, 137-156. Disponível em: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/>. Acesso em 12 de Junho de 2021.

Lima W. N. & Kobayashi C. N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, PA. *Geochimica Brasiliensis*, **2**(1): 53-71.

Ministério Público Federal. 2018a. *A Justiça Federal publicou decisão liminar sobre o caso, determinando suspensão parcial das atividades da mineradora e proibição do uso do DRS2*. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/paginas-especiais/paginas-caso-hydro/historico>. Acesso em 05 de Janeiro de 2022.

Ministério Público Federal. 2018b. *Ação cautelar cível força-tarefa MPF MPA contra Hydro/Alunorte*.

Ministério da Saúde no Pará (MS-PA). 2018. Parecer técnico nº 1/2018, SAMAM/IEC 001-2018. *Compreensão da Cadeia Produtiva do Alumínio de Paragominas a Barcarena, Liberação de Elementos Tóxicos e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Incluindo Recomendações para Proteção do Meio Ambiente, dos Ecossistemas Aquáticos e Terrestres e da Vida Humana*.

Ministério da Saúde no Pará (MS-PA). 2018a. Considerações Técnicas sobre as Conclusões apresentadas pela empresa Nork Hydro Alunorte à CPI da Assembléia Legislativa do Estado do Pará a partir de parecer emitido pela Dra. Elizabeth Cristina da Rocha Lima. *In: Parecer Técnico Nº 3/2018-EC/SEAMB/IEC/SEVEP/IEC/SVS/MS*.

Ministério da Saúde no Pará (MS-PA). 2018b. *Compreensão da Cadeia Produtiva do Alumínio de Paragominas a Barcarena, Liberação de Elementos Tóxicos e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Incluindo Recomendações para Proteção do Meio Ambiente, dos Ecossistemas Aquáticos e Terrestres e da Vida Humana*. *In: Parecer Técnico Nº 1/2018-IEC/SEAMB/IEC/SEVEP/IEC/SVS/MS*.

Ministério da Saúde (MS) Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). 2021. Instituto Evandro Chagas (Iec) Seção de Meio Ambiente (SAMAM). *Nota técnica no 01/2021* folha no 1/3 Revisão No 1a Data de Emissão: 24/02/2021 Emitido por: Eliane Sousa *et al.* revisado por: Marcelo Lima 1 nota técnica seamb/IEC 001/2021.

Monteiro M.A. 2005. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. *Estudos Avançados*, Belém, (53):187-206.

Nunes F. C., Silva E.F., Vilas Boas G. S. 2011. Grupo Barreiras características, gênese e evidências de Neotectonismo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68532/1/BPD-194-Grupo Barreiras.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68532/1/BPD-194-Grupo%20Barreiras.pdf). Acesso 30 de Agosto de 2021.

Oliveira Filho G. R. 2013. Uma breve reflexão sobre o conceito de impacto ambiental. *CES Revista*, Juiz de Fora, **27** (1):15-28.

Petri S. 1957. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade São Paulo*, São Paulo, (16): 1-78.

Piratoba A. R. A., Ribeiro, H. M. C., Morales G. P., Gonçalves W. G. 2017. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, **12** (3):435-456. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>. Acesso em 16 fevereiro 2022.

Polícia Civil. Estudos Avançados Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2006. *Inquérito policial n.º 40/2006.000267-9*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2007. *Inquérito policial n.º 40/2007.000302-4*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2009. *Inquérito Policial n.º 40/2009.000396-0*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2012a. *Inquérito policial n.º 40/2012.000205-0*. Belém/Pará.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2012b. *Inquérito policial n.º 40/2012.000791-1*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2016. *Inquérito policial n.º 40/2016.100121-0*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2017. *Inquérito policial n.º 40/2017.100421-6*. Belém/Pa.

Polícia Civil. Divisão Especializada em Meio Ambiente e Proteção Animal. 2018. *Inquérito Policial n.º 40/2018.100090-0*. Belém/Pa.

Pontes M. L. B. 2019. *Simulação de rompimento de bacia de rejeito de mineração no município de Barcarena/PA*. Orientador: Jamer Andrade da Costa. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 56 p.

Porto L. J. L. da S. 2009. *Estudo da qualidade dos sedimentos de fundo no rio Barcarena–Pará*. MS Dissertation. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. x, 91 p.

Prata T. C. 2020. *Avaliação da vulnerabilidade ambiental da costa Oeste da região do Salgado Paraense*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, xii, 50 p.

Projeto RADAM. 1974. *Folha SA.22 Belém*; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24022.pdf>. Acesso em 07 de julho de 2021.

Rocha D. 2019. A mineração no Estado do Pará e algumas questões de planejamento e ordenamento territorial Universidade Federal do Pará, Belém. *In: 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. Anais[...]*. Disponível: <http://itr.ufrj.br/sigabi/anais>. Acesso em: 30 junho de 2021.

Rodrigues H. C. T., Campos, P. S.da Silva, Almeida H. F. P., Paiva P. F. P. R., Santos Junior P. C.dos, Marques G. T., Moraes E., Soares J.A.C., Almeida F. de, Chase O. A. 2020. Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Barcarena-PA. *Brazilian Journal of Development*, 6(1): 1598-1612.

Rossetti D. F. 2006. Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. *Revista do Instituto de Geociências – USP*. Disponível em: [www.igc.usp.br/geologiausp](http://www.igc.usp.br/geologiausp) - 7 - Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, 6 (2): 7-18. Acesso 10 de Agosto de 2021.

Rossetti D.F. & Góes A.M. 2004. Geologia. *In: Rossetti D.F. & Góes A.M. (ed.). O Néogeno da Amazônia Oriental*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, v.1, p. 13 – 52.

Rossetti D.F. 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 77-89.

Rossetti D.F. 2006. Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. *Geologia USP. Série Científica*, 6 (2): 7-18.

Santos N. M. 2019. *Análise da percepção de riscos ambientais por instituições públicas de Barcarena do Estado do Pará: estudo de caso para Barcarena*. Orientador: Milena Marília Nogueira de Andrade. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, Pa, 46 p.

Saldanha D. S. 2009. *Variabilidade morfossedimentar das praias estuarinas de Caripi e Itupanema (Barcerena, Pará)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém, 120 p.

Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) Instituto Evandro Chagas (Iec). 2021. Seção de Meio Ambiente (SAMAM). Revisão no 1a data de emissão: 24/02/2021. Emitido Por: ElianeSousa *et al.* Revisado Por: Marcelo Lima. *Nota Técnica SEAMB/IEC 001/2021.*

Secretaria de Vigilância em Saúde/Ms. Instituto Evandro Chagas (IEC). 2003a. Seção de Meio Ambiente (SAMAM). *Avaliação do impacto no rio Murucupi em decorrência do transbordo de efluentes da bacia de rejeitos sólidos da ALUNORTE no município de Barcarena-Pa, Estado Pará.* Equipe Técnica: Brabo E. da S., Lima M. de O., Santos J. G. dos, Jesus I. M.de, Ferreira H. S. Chefe da Seção de Meio Ambiente Dra. Elisabeth Conceição de Oliveira SantosBelém-Pará.

Secretaria de Vigilância em Saúde/Ms. Instituto Evandro Chagas (Iec). 2003b. Seção de Meio Ambiente (SAMAM). *Avaliação técnica sobre o fenômeno da mortandade de peixes ocorrido no dia 23/06/03 na praia de Itupanema no município de Barcarena, Estado do Pará.* (Equipe Técnica: Brabo E. da S., Lima M. de O., Santos J. G. dos, Jesus I. M.de, Ferreira H. S.) Chefe Da Seção De Meio Ambiente Dra. Elisabeth Conceição de Oliveira Santos. Pará, Jun. de2003.

Silva A. R. B. (ed.). 2012. *A indústria mineral no Pará.* Belém. 178p.

Sousa Júnior A. da S., Palácios V. R. da C. M., Miranda C. do S., Costa R. J. F. da., Catete C. P., Chagasteles E. J., Pereira A. L. R. R., Gonçalves N. V. 2017. *Análise espaço-temporal da doença de chagas e seus fatores de risco ambientais e demográficos no município de Barcarena.* Pará.

Távora V.A. & Viana M.S.S. 2003. Carcinolites of the pirabas formation (Early miocene), Pará state, Brazil. *Boletim do Museu Nacional*, Rio de Janeiro. **71**: 1-11.

Távora V.A. 2013. Geologia e paleontologia do biohermito da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). *Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. Cient.*, São Paulo, **13** (3): 310- 310.

Távora V. A., Fernandes,A. C. S., Ferreira C.S. 2002. Ilha de Fortaleza, PA - expressivo registro de fósseis do Cenozóico marinho do Brasil. *In: Schobbenhaus C., Campos D.A., Queiroz E.T., Winge M., Berbert-Born M.L.C. (edits.) Sítios geológicos e paleontológicos doBrasil.* 1. ed. Brasília, DF, DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) 01: 139-144.

Vasquez M. L. *et al.* 2008. Unidade litoestratigráfica. *In: Vasquez M.L. & Rosa-Costa L. P. da. (org.). Geologia e de recursos minerais do Estado do Pará: texto explicativo do mapageológico e de recursos minerais do Estado do Pará.* Escala 1:1.000.000. Belém, CPRM ServiçoGeológico do Brasil, Superintendência Regional de Belém, p. 113-215. (Programa Geologia do Brasil (PGB), Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais).