



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**JÉSSICA COSTA MELO**

**DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE BARRAGENS DE  
REJEITO NAS ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ**

Macapá  
2021

**JÉSSICA COSTA MELO**

**DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE BARRAGENS DE  
REJEITO NAS ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Ciências  
Ambientais da Universidade Federal do  
Amapá, como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Ciências  
Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Sávio Luís  
Carmona dos Santos.

Coorientadora: MSc. Cláudia Funi

Macapá  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá  
Elaborada por Jamile da Conceição da Silva CRB2/1010

Melo, Jéssica Costa.

Distribuição e caracterização espacial de barragens de rejeito nas áreas de mineração no estado do Amapá. / Jéssica Costa Melo; Orientador, Sávio Luís Carmona dos Santos; Coorientadora, Cláudia Funi. – Macapá, 2021.

102 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais.

1. Barragem – Rejeitos – Amapá. 2. Barragem – Análise espacial. 3. Geotecnologias. 4. Amapá – Mineração. 5. Meio ambiente. I. Orientador, Santos, Sávio Luís Carmona dos. II. Coorientadora, Funi, Cláudia. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

627.82098116 M528d  
CDD. 22 ed.

**JÉSSICA COSTA MELO**

**DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE BARRAGENS DE  
REJEITO NAS ÁREAS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovado em: 18/06/2021

---

**Dr. Sávio Luís Carmona dos Santos**

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Presidente/Orientador

---

**MSc. Claudia Funi**

(Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá - IEPA)

Coorientadora

---

**Dr. Marcelo Oliveira**

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

---

**MSc. Luis Henrique Rambo**

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Benevaldo Melo (*In Memoriam*) e Francisca Souza por todo apoio, dedicação em sempre querer e quando possível me dar o melhor e o que preciso, cuidado e amor incondicional que só vocês podem me dar. Aos meus irmãos Carlos Humberto (*In Memoriam*), Francinéia, Mônica e Angélica pelo apoio, motivação e companheirismo e o cuidado sempre.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus porque Dele provém todo entendimento e a verdadeira sabedoria, e O que têm me proporcionado infinitas bênçãos durante toda a minha vida e que sempre está comigo me dando a força necessária para continuar essa jornada, à Ele seja toda Honra e Glória.

Ao meu pai Benevaldo (*In Memoriam*) que sempre esteve ao meu lado, me dando todo apoio necessário, incentivo e suporte para tudo que eu fizesse, infelizmente você me deixou antes de eu ingressar na universidade e hoje não está aqui para comemorar mais essa etapa vencida, mas saiba que essa conquista foi para você e para mamãe, que em breve possamos nos encontrar, você sempre estará comigo em meu coração.

A minha Rainha, minha querida mãe que sempre está do meu lado me dando apoio necessário, pela dedicação, cuidado, amor, por sempre acreditar em mim.

Aos meus irmãos Carlos Humberto (*In Memoriam*) que infelizmente foi tirado de nós a dois anos e não estará aqui também para comemorar conosco como das outras vezes, a Francinéia, Mônica e Angélica pelo cuidado e amor. As minhas tias Sara e Marta por sempre me apoiarem em tudo.

Aos meus queridos Orientadores e Pais Científicos Dr. Sávio Carmona e MSc. Cláudia Funi, por todo apoio, confiança, constante transmissão de conhecimento, incentivo e paciência. Ao Sávio pelas oportunidades dadas no decorrer da graduação, carinho demonstrado, amizade e por sempre desejar o melhor para mim. A Cláudia pela ajuda, desde a época dos estágios e principalmente agora no TCC, e por sempre acreditar em mim, obrigada por me acolher com todo carinho todas as vezes em sua casa. Vocês são muito especiais e moram no meu coração.

A AMCEL, em nome de Rogério Cardoso pelas oportunidades dadas, como o estágio e apoio neste trabalho. Ao Tiago e Márcia, pelo companheirismo e apoio de sempre, agradeço aos três pelo conhecimento transmitido, momentos de descontração e pelas pausas para um lanchinho. Vocês são especiais.

Aos professores do Curso de Ciências Ambientais da UNIFAP pelo conhecimento repassado e contribuições durante a graduação.

A banca examinadora na qualificação e defesa final (professores Marcelo Oliveira e Luis Henrique Rambo) pelas grandes contribuições a este trabalho.

A Universidade Federal do Amapá e ao Laboratório de Geoprocessamento.

Ao IMAP (Atual SEMA) (Cleane Pinheiro) e SEMA-AP (Patrick Farias) por disponibilizar o material necessário e por sempre estarem disponíveis para tirarem minhas dúvidas.

Aos amigos que sempre me incentivaram, estiveram torcendo por mim e me ajudavam em oração, em especial a Mirian, Heloisa, Lily, Gecy, Tia Sara, John e Anderson.

A Gecy, por sempre me trazer um cafezinho quando eu estava concentrada nas análises e escrita do trabalho.

Aos “Nhonhos” (Lily, Renata, Larissa, Elisiane, Tannara e Elaine) pela amizade e diversão na graduação, espero que a amizade continue.

Ao meu Nhonhão (Lily) por ser não só uma amiga que Deus me apresentou na UNIFAP, mas uma irmã, por todo apoio e incentivo. Obrigada pelos momentos vividos durante esses anos, sinto muito sua falta aqui para os nossos papos diários após o trabalho.

A todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, se esqueci de nomes, me perdoe, já não estou conseguindo mais pensar em nada, mas a palavra que se resume deste trabalho é apenas Gratidão e aprendizado.

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém.”

*Romanos 11:36*

## RESUMO

O Estado do Amapá, localizado ao norte do Brasil, nos domínios da Amazônia brasileira, tem sido palco de atividades de extração mineral desde década de 1950. O beneficiamento dos minérios, ao longo destes anos, gerou uma produção de rejeitos resultando na construção de diques para estocagem deste material, formando assim as barragens de rejeitos. A falta de um monitoramento adequado dessas estruturas representa uma grande ameaça para a sociedade, meio ambiente e, também para a economia, como ficou comprovado durante os acidentes em Mariana e Brumadinho, nos anos de 2015 e 2019, respectivamente. A situação torna-se ainda mais preocupante com a ausência de informações sistematizadas sobre as barragens existentes, como é o caso do estado do Amapá. Tal fato fortalece a necessidade de ações que contribuam para o conhecimento e gestão destas áreas. As geotecnologias são consideradas ferramentas essenciais no aporte de conhecimento para identificação e monitoramento de ameaças ao meio ambiente. O apoio dos produtos derivados destas tecnologias pode contribuir para o estudo de áreas de barragens de rejeitos. Dessa forma, esta pesquisa visa coletar e sistematizar informações referentes às barragens do estado do Amapá a partir do uso de ferramentas geotecnológicas. Foi possível mapear a distribuição espacial das áreas das barragens de rejeito com uso de imagens de sensoriamento remoto (imagens InSAR) e dados auxiliares. Análises espaciais, baseada em critérios de proximidade, cruzamento, interseção, densidade, etc., foram executadas utilizando informações do projeto base cartográfica digital contínua do amapá – BCDC-AP. A recuperação, visualização e análise de informações sobre as barragens e seu entorno, permitiu identificar o que pode ser afetado em caso de um possível rompimento. Todas as informações foram organizadas e estruturadas em um banco de dados geográficos de barragens. Como resultado gerou-se um panorama geral das barragens no Estado do Amapá, sua real situação e o contexto em que se encontram através das ferramentas de geotecnologias.

**Palavras-chave:** Barragens de Rejeitos. Geotecnologias. Análise espacial.

## ABSTRACT

The State of Amapá, located in the north of Brazil, in the domains of the Brazilian Amazon, has been the scene of mineral extraction activities since the 1950s. The processing of ores, over these years, generated a production of tailings resulting in the construction of dikes for storage of this material, thus forming the tailings dams. The lack of adequate monitoring of these structures represents a major threat to society, the environment and also to the economy, as was demonstrated during the accidents in Mariana and Brumadinho, in the years 2015 and 2019, respectively. The situation becomes even more worrying with the absence of systematic information on existing dams, as is the case in the state of Amapá. This fact strengthens the need for actions that contribute to the knowledge and management of these areas. Geotechnologies are considered essential tools in providing knowledge to identify and monitor threats to the environment. The support of products derived from these technologies can contribute to the study of tailings dam areas. Thus, this research aims to collect and systematize information regarding dams in the state of Amapá using geotechnological tools. It was possible to map the spatial distribution of the tailings dam areas using remote sensing images (InSAR images) and auxiliary data. Spatial analyzes, based on criteria (proximity, crossing, intersection, density, etc.), were performed using information from the amapá continuous digital cartographic base project - BCDC-AP. The recovery, visualization and analysis of information about the dams and their surroundings, allowed identifying what can be affected in the event of a possible rupture. All information was organized and structured in a geographic database of dams. As a result, a general overview of the dams in the State of Amapá was generated, their real situation and the context in which they are found through the tools of geotechnologies.

**Keywords:** Tailings Dams. Geotechnologies. Spatial analysis

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de Barragens por Responsável .....	58
Gráfico 2 - Quantidade de Barragens por Substância Mineral.....	59
Gráfico 3 - Situação das Barragens no Amapá quanto ao seu processo mineral.....	59

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de informações para aquisição da feição Edificação de Ensino, conforme ADGV.....	33
Figura 2 - Arquitetura de um SIG.....	34
Figura 3 - Localização das barragens em áreas de floresta e área sem vestígios de bacia de rejeito .....	50
Figura 4 – Barragem 2 Mineração Vila Nova, no Município de Mazagão. ....	51
Figura 5 - Barragem Vila Nova Unamgen. ....	52
Figura 6 - Barragem Samacá Mineração Vila Nova.....	52
Figura 7 - Barragem North Mill Pond Beadell Brasil Ltda, no município de Pedra Branca do Amapari. ....	53
Figura 8 - Linha indicando barragem (arquivo Barragens_25k.shp), em vermelho, sobreposta à imagem Radar (Composição X e P, colorida) em área de piscicultura. ....	55
Figura 9 -Exemplo de Barragem (linha em vermelha) em área de reservatório de água para uso agropecuário. ....	55
Figura 10 - Barragens (linhas em vermelho) associadas às estradas, que possivelmente foram aterradas devido à inundação do Reservatório da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes.....	56
Quadro 1 - Identificação de Domínios sobre Barragens .....	54
Mapa 1 - Principais locais de Concessão de lavra mineral no Estado do Amapá ....	37
Mapa 2 - Localização das Barragens de Rejeito no Estado do Amapá .....	64
Mapa 3 - Concentração das Barragens de Rejeito no Estado do Amapá.....	65
Mapa 4 - Área da Bacia de Rejeito .....	67
Mapa 5 - Bacia Hidrográfica com Barragem de Rejeito.....	69
Mapa 6 - Unidades Habitacionais afetadas .....	72
Mapa 7 - Áreas Protegidas que podem ser Atingidas em Caso de Rompimento de Barragem.....	75
Mapa 8 - Vias de Acesso que podem ser Atingidas em Caso de Rompimento de Barragem.....	77
Mapa 9 - Estruturas administrativas, educativas e de saúde.....	79
Mapa 10 - Estruturas pertencentes ao Abastecimento e Saneamento básico, Energia e Comunicação.....	81
Mapa 11 - Estruturas Econômicas.....	83
Mapa 12 - Estruturas de Transporte .....	85



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cadastro de barragens de mineração no Amapá .....	57
Tabela 2 - Barragens de Rejeito Consideradas neste trabalho .....	60
Tabela 3 – Barragens de Rejeito Consideradas e não consideradas no Trabalho ...	61
Tabela 4 - Barragens de Rejeito por Município.....	63
Tabela 5 - Área das barragens de Rejeito .....	66
Tabela 6 - Bacias Hidrográficas com Barragem .....	68
Tabela 7- Drenagem Afetada.....	70
Tabela 8 - Arquivos <i>Shapefiles</i> utilizados .....	86

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional das Águas

ANM – Agência Nacional de Mineração

BCDC-AP - Projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá

CRI - Categorias de Risco Categoria de Dano Potencial Associado

CNRH - Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DPA - Categoria de Dano Potencial Associado

ET-ADGV - Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais

ET-EDGV - Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

IEPA – Instituto de Pesquisas Científicas do Estado do Amapá

IMAP – Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Amapá

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragem

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

TPA – Trecho Potencialmente Afetado

ZAS - Zona de Autossalvamento

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1 BARRAGEM.....	23
2.1.1 Impactos Ambientais Associados ao Rompimento de Barragem .....	24
2.1.2 Rompimento de Barragens.....	25
2.1.3 Barragens no Amapá .....	26
2.1.4 Legislação Sobre Barragens .....	27
2.1.5. Categorias de Risco (CRI) e Categoria de Dano Potencial Associado (DPA) à Barragem.....	29
2.2 GEOTECNOLOGIAS.....	29
2.2.1 Sensoriamento Remoto.....	30
2.2.2 Imagens de Radar.....	30
2.2.2.1 Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá.....	31
2.2.3 Geoprocessamento .....	33
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2 COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS .....	38
3.2.1 Aquisição de Dados Existentes Sobre a Localização das Barragens .....	38
3.2.2 Aquisições de Dados Temáticos, Cartográficos e de Sensoriamento Remoto.....	38
3.2.2.1 Dados temáticos.....	38
3.2.2.2 Arquivos Vetoriais da BCDC-AP .....	38

3.2.2.3 Arquivos Matriciais da BCDC-AP .....	39
3.3 TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS.....	39
3.3.1 Padronização e Conversão dos Dados Obtidos Relativos à Localização das Barragens das Bacias de Rejeito .....	39
3.3.1.1 Dados provenientes do IMAP .....	39
3.3.1.2 Dados provenientes da BCDC-AP .....	40
3.3.1.3 Dados provenientes da ANM.....	41
3.3.2 Validação das Informações .....	41
3.4 ELABORAÇÃO DE ARQUIVOS VETORIAIS .....	42
3.4.1 Barragens de Rejeito - Ponto .....	42
3.4.2 Bacias de Rejeito - Polígono. ....	43
3.4.3 Barragens de Rejeito - Linha.....	43
3.4.3.1 Informações Sobre a Topografia.....	44
3.5 ANÁLISE ESPACIAL.....	44
3.5.1 Identificação dos Municípios e das Bacias Hidrográficas que Possuem Barragens.....	45
3.5.2 Identificação dos Rios que Poderão Ser Afetados em Caso de Rompimento de Barragem .....	45
3.5.3 Delimitação do Trecho Potencialmente Afetado (TPA) .....	46
3.5.4 Identificação das Feições Contidas pelo Trecho Potencialmente Afetado	46
3.5.4.1 Identificação das Áreas Protegidas que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento De Barragem.....	46
3.5.4.2 Identificação das Vias de Acesso que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento de Barragem .....	47

3.5.4.3 Identificação das Feições Estruturais e Socioeconômicas que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento de Barragem .....	47
3.6 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS (BDG) .....	48
3.7 PROGRAMAS UTILIZADOS .....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
4.1 Verificação dos dados obtidos .....	49
4.1.1 Informações Contidas na Planilha disponibilizada pelo IMAP .....	49
4.1.2 Informações obtidas a partir das Fotografias Georreferenciadas disponibilizada pelo IMAP .....	51
4.1.3 Informações obtidas a partir dos vetores da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDC-AP .....	53
4.1.4 Informações obtidas através do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e arquivo <i>shapefile</i> da ANM.....	56
4.1.5 Barragens consideradas neste trabalho .....	58
4.2 Espacialização das 17 Bacias de rejeito .....	63
4.3 Estimativa de Áreas das Bacias de Rejeito .....	66
4.4 Bacias Hidrográficas com Bacias de Rejeito .....	68
4.5 Trecho Potencialmente Afetado (TPA) - Entorno de 100 metros ao longo da Hidrografia .....	70
4.6 Elementos inseridos no TPA .....	70
4.6.1 Hidrografia afetada .....	70
4.6.2 Unidades Habitacionais afetadas .....	71
4.6.3 Áreas Protegidas afetadas .....	73
4.6.4 Vias de acesso afetadas .....	76

4.6.5 Estruturas Administrativas e Socioeconômicas afetadas .....	78
4.7 Banco de Dados Geográfico – Barragens AP .....	86
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>89</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>
ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DE CR E DPA CONFORME DNPM.....	100
ANEXO B - BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE COMPETÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DA ANM.....	101

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado do Amapá apresenta um histórico de atividades relacionadas à mineração desde a década de 50, devido ao reconhecido potencial econômico de seus depósitos minerais (MONTEIRO, 2005). Apesar da importância da mineração para o desenvolvimento econômico do estado, suas interações com o meio ambiente são extremamente sensíveis. Para a Amazônia essa interação quase sempre resulta em imagens negativas em função dos inúmeros impactos que podem ser causados.

Um dos principais aspectos ambientais relacionados à mineração é o grande volume de resíduo gerado no processo de beneficiamento, tratamento dado ao minério para o máximo aproveitamento do material de interesse. De acordo com Araújo (2006), inerente à atividade de mineração, está a geração de significativa quantidade de rejeitos. Durante esse processo é produzido um grande volume de resíduos em forma de polpa (mistura do material de interesse moído com água e produtos químicos), chamado de rejeito, que é armazenado em estruturas denominadas barragens de rejeito.

As barragens de rejeito das áreas de mineração no Estado do Amapá é o objeto de estudo deste trabalho. Existem no Brasil inúmeras barragens de diversas dimensões e destinadas a diferentes usos, tais como de infraestrutura para acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais, barragens de contenção de rejeitos de mineração, entre outros (DUARTE, 2008).

Se realizada de forma inadequada, a concepção e construção das barragens de rejeito podem representar um grande risco para a sociedade, meio ambiente e, também para a economia. Por serem estruturas de grande porte as barragens de rejeito apresentam aspectos relacionados à segurança que são de grande relevância. A ruptura de uma grande barragem pode acarretar danos ambientais de longo prazo com altos custos de reparo.

Questionamentos sobre a segurança desses empreendimentos passaram a estampar as manchetes de jornais, revistas e portais de informação na internet a partir de acidentes como os de Mariana (2015) e Brumadinho (2019). A devastação gerada nas áreas de entorno e adjacências comprovaram o poder destrutivo e os impactos destas estruturas durante acidentes de rompimento.

A situação torna-se ainda mais preocupante para áreas onde não exista um inventário confiável, contendo informações sistematizadas sobre as barragens existentes, como é o caso do estado do Amapá.

Segundo IMAP (2019) existem 23 Barragens de rejeito de mineração no estado do Amapá, estando 15 na condição de ativas e 8 inativas.

De acordo com Agência Nacional de Mineração em seu Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (2019), o Amapá possui 12 barragens, destas, 5 estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB e 7 não inseridas.

A divergência entre estas duas instituições reflete a subjetividade e a inconsistência das informações existentes e cadastradas atualmente no estado do Amapá. Essa constatação reforça a carência de um cadastro das barragens de rejeito com informações mínimas que possibilitem aos órgãos de defesa civil agir adequadamente na ocorrência de possíveis acidentes. Destacando que o território do Amapá possui 70% do seu território contido em áreas protegidas, o que reforça a necessidade de um inventário sistematizado destas áreas de barragens para elaboração de futuros planos de gestão e monitoramento, visando prevenção e mitigação no caso de acidentes, e assim como, estudos das ameaças, vulnerabilidades e cenários de risco.

A geotecnologia, em especial o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, são ferramentas comprovadamente potenciais nas mais diferentes aplicações ambientais e do meio físico. Em função das características espaciais, espectrais e temporais das imagens de sensores remotos, associadas às diferentes técnicas de representação, armazenamento e análise de dados espaciais, o uso destas ferramentas vem se destacando na obtenção e aporte de conhecimentos para a identificação e monitoramento de ameaças e desastres, como os eventos relativos a rompimentos de barragens de rejeito. Assim, contribuindo para uma análise e avaliação do evento em áreas de risco e/ou vulneráveis, trazendo apoio nas ações de respostas e soluções mais rápidas.

Considerando a hipótese que o apoio de ferramentas das geotecnologias pode contribuir para a aquisição, recuperação, organização, visualização e análise de informações sobre as barragens de rejeito, este trabalho tem como objetivo principal: a identificação e o mapeamento das principais feições que podem ser atingidas no caso de possível rompimento de barragem de rejeito no Estado do Amapá. Toda rotina metodológica é baseada no uso de dados de sensoriamento

remoto e de técnicas de geoprocessamento. Para isso, foi necessário obter os seguintes objetivos específicos:

1) recuperar e organizar as informações disponíveis sobre barragens, tais como: localização, características físicas, processos minerais, entre outros, a partir de diferentes órgãos gerenciadores;

2) mapear as áreas de rejeito através das imagens de sensoriamento remoto, a partir de dados do Projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá – BCDC-AP;

3) utilizar de técnicas de análises espaciais para integrar diferentes informações sobre as barragens de rejeito e seu entorno, identificando o que poderá ser afetado à sua jusante em caso de ruptura, a partir de critérios espaciais.

Ao final do trabalho foi gerado um panorama geral das barragens no Estado do Amapá, a situação e contexto em que se encontram através das ferramentas de geotecnologias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BARRAGEM

Existem inúmeros barramentos de diversas dimensões e destinados a diferentes usos no Brasil, tais como barragens de infraestrutura para acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais, barragens de contenção de rejeitos de minerais, entre outros (ESPÓSITO; DUARTE, 2010).

As barragens relacionadas à mineração são classificadas, segundo Silva (2007), da seguinte forma:

- Minério: mineral ou associação de minerais que pode, sob condições econômicas favoráveis ser utilizado como matéria prima para a extração de um ou mais metais.
- Rejeito: rochas ou minerais inaproveitáveis presentes no minério e que são separadas deste, total ou parcialmente, durante o beneficiamento.

Nascimento e Silva (2018) observa que existem dois tipos de resíduos sólidos decorrentes da extração mineral; aqueles estéreis extraídos da camada superficial da terra, que raramente possuem valor econômico e são comumente empilhados. Pode-se dizer que do processo de beneficiamento do minério sobra uma mistura de lama com água, minério e substâncias químicas, que é chamado de rejeito e é depositado em barragens.

O resíduo pode ainda ter uma destinação, sendo reaproveitado. O rejeito é algo que não pode mais ser aproveitável (NASCIMENTO e SILVA,2018).

Antigamente não havia preocupação quanto à disposição dos rejeitos, que eram depositados diretamente na superfície em contato com a natureza. Com o descobrimento das máquinas a vapor e conseqüentemente investimentos na atividade minerária, aumentou a quantidade de rejeitos que iam sendo produzidas e, portanto, a necessidade de removê-las das áreas próximas da produção para outros lugares, principalmente àqueles próximos a cursos de água. Assim, a construção de barragens e diques de contenção era necessária (IBRAM,2016).

Ávila (2016) ressalta que foi a partir da década de 30 que as indústrias começaram a investir nas primeiras construções de barragens de contenção rejeito.

### 2.1.1 Impactos Ambientais Associados ao Rompimento de Barragem

Nos últimos anos debates sobre impactos causados por rompimento de barragem vêm sendo discutidos devido, principalmente, aos desastres socioambientais decorrentes dos mesmos. Acidentes em barragens sempre provocaram reações da sociedade, levando a tentativas de regulamentação que determinassem aos proprietários a adoção de providências efetivas de redução de riscos (FRANCO,2019).

Acidentes com barragens geralmente geram grandes problemas sociais e econômicos, além de eventuais perdas de vidas, por isso a Regulamentação deste tema se fez necessário e fático.

Em 1986 foi considerado o primeiro rompimento da Barragem de rejeitos, da Mina do Fernandinho, da empresa Itaminas Comércio de Minérios, em Itabirito. Lançando um volume estimado de 350.000 metros cúbicos de rejeitos do beneficiamento de minério de ferro na natureza, ocasionou o rompimento de mais três pequenas barragens de decantação de finos e captação de água, situadas à jusante da barragem rompida. Além da destruição de tubulações, redes elétricas e outras estruturas da própria mineradora, gerou danos ambientais, como destruição e assoreamento da mata ciliar na extensão de aproximadamente 10 quilômetros, atingindo Córrego dos Andaimes e do Rio das Velhas e provocando a morte de sete operários que trabalhavam na área da barragem (FEAM, 2008).

Analisando de 2000 a 2014, identificam-se alguns eventos significativos que acenderam o sinal de alerta para a sociedade (SNISB ,RSB, 2011): a) 2001, o acidente da mineração Rio Verde; b) 2002, diversas ocorrências de pequeno porte; c) 2003, o acidente com a barragem de resíduos industriais em Cataguases, que, além dos impactos ambientais, causou o desabastecimento de aproximadamente 600 mil habitantes por quase um mês; d) 2004, o rompimento da Barragem de Camará, na Paraíba, durante sua fase final de construção, causou comoção nacional; e) 2009, destaca-se o rompimento de Algodões I, no Piauí; f) 2014, rompimento da Barragem B1 da Herculano Mineração, em Minas Gerais.

Mais recentemente, no Brasil, dois acidentes recentes refletem a dimensão dos danos e impactos causados por rompimento de barragens de rejeitos, são estes: Mariana (2015) e Brumadinho (2019).

### 2.1.2 Rompimento de Barragens

Dentre as 769 barragens de mineração citadas por Freitas et al (2019), destacam-se as duas que causaram os maiores e mais graves desastres no país e no mundo: as barragens da Samarco Mineração S.A em Mariana e da Vale S.A em Brumadinho. Ambas estavam classificadas como barragens de baixo risco.

Após rompimento da barragem de rejeito da SAMARCO, em 5 de novembro de 2015 (BUSTAMANTE et al., 2019) as preocupações aumentaram quanto à necessidade da verificação da situação em que se encontram essas barragens, se estão irregulares e se as informações coincidem com as mesmas que foram repassadas pela mineradora no ato do Licenciamento Ambiental (CAMARGOS, 2017).

O rompimento da barragem de rejeito da SAMARCO causou consequências ambientais e sociais graves, atingindo 663,2 km de corpo d'água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, liberando mais de 60 milhões de metros cúbicos de lama (IBAMA, 2015).

De acordo com Bustamante et al (2019) a entrada de 50 milhões m<sup>3</sup> de lodo no canal do rio Doce eliminou de imediato vida de animais e plantas, afetando o leito do rio e os habitats marginais, impactando intensamente na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos.

Essa violenta passagem de lama enterrou a vila de Bento Rodrigues em Mariana (MG), surgindo uma onda de lama que deu origem ao que foi considerado maior desastre de mineração do mundo, na época, e provocou a morte de 19 pessoas no instante do acidente (BUSTAMANTE; et al., 2019).

No caso da Empresa Vale S.A, em Brumadinho, a lama de rejeito atingiu nove setores censitários, com a estimativa de 3.485 pessoas atingidas e 1.090 domicílios atingidos diretamente. Abrangeu 18 municípios até a chegada ao Rio Paraopeba em uma extensão de 250 km (Freitas et al, 2019).

Segundo Massignam (2019) contabilizaram-se 244 mortos identificados, sendo considerada a maior tragédia ambiental e humana já presenciada pelos brasileiros. Dentre esses danos, o bioma Mata Atlântica foi atingido em cerca de 147,38 hectares, aproximadamente, o que significa que a biodiversidade deste ecossistema restou completamente disseminada.

O laudo técnico do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis - IBAMA (2015) comprovou que o rompimento da barragem resultou em várias mortes, incluindo de trabalhadores da empresa e moradores das comunidades afetadas, desalojamento de populações, devastação de localidades e a consequente desagregação dos vínculos sociais das comunidades, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa da Mata Atlântica, mortandade da biodiversidade aquática e fauna terrestre, interrupção do abastecimento de água, interrupção da pesca, assoreamento de cursos d'água, alteração da qualidade da água, dentre outros.

### 2.1.3 Barragens no Amapá

De acordo com o Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Amapá - IMAP (2019) existem 23 Barragens de rejeito de mineração no estado do Amapá, distribuídas nos seguintes municípios: Pedra Branca do Amapari, Mazagão, Porto Grande, Laranjal do Jari, Calçoene e Oiapoque.

Segundo o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, em sua classificação das Barragens de Mineração Brasileiras (ANM,2019), no estado há 12 barragens.

Existe uma escassez significativa no que tange à execução e publicação de estudos relativos aos impactos ambientais associados às barragens no Amapá. Chagas (2010) cita alguns impactos atribuídos à Indústria Comércio de Minérios – ICOMI, decorrentes do rompimento da bacia de rejeito do Baixinho em 1987. O deslizamento do bota fora da mina F-12, e utilização de herbicida à base de diclorofenil para controlar a vegetação da faixa de segurança da ferrovia que liga Serra do Navio ao Porto de Santana.

Um estudo realizado por Fonseca (2019) sobre as barragens de rejeito mineral nos estados do Pará e Amapá, identificou que existem 74 barragens classificadas na Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB nestes estados, 68 no PA e 6 no AP, porém ressaltou a ausência de informações organizadas, ou um documento que reúna esses dados e que forneça uma comparação sistemática e especializada sobre o atual estado das barragens em especial no PA e AP.

A autora gerou um panorama das barragens de rejeito, com as informações obtidas em órgãos públicos, demonstrando a classificação das mesmas de acordo com a PNSB, quanto à Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA) e Dano Ambiental.

Concluindo que 50% das barragens no AP apresentaram o DPA alto, 33% médio e 17% baixo. Quanto à CRI os dois estados apresentaram percentual muito baixo, classificada com Risco Alto no AP apenas 17% e 83% de Categoria de Risco Baixo. Quanto ao DPA Alto que essas barragens apresentaram, foi devido aos fatores como proximidade dos empreendimentos em relação à população, hidrografia, áreas restritivas e quanto ao tipo de rejeito armazenado.

Tendo em vista os potenciais danos socioambientais e econômicos causados por uma falha na gestão das barragens de rejeito faz-se necessário uma legislação que vise fiscalizar e assegurar o cumprimento de normas de segurança e minimize os impactos ambientais em todas as fases da vida útil de uma barragem.

#### 2.1.4 Legislação Sobre Barragens

Em relação a legislação, a inserção legal do Brasil na temática de Segurança de Barragens se deu com a promulgação da Lei n.º 12.334 de 20 de setembro de 2010 e atualmente foi alterada para Lei n.º 14.066 de 30 de setembro de 2020. Esta lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). A citada Política tem como objetivos garantir a observância de padrões de segurança, regulamentar, promover o monitoramento e acompanhar as ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, em especial, junto à população potencialmente afetada.

No Art. 1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) aplica-se as barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

- I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;
- II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m<sup>3</sup> (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;  
IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;  
(PNSB, 2020, p. 1)

A esse respeito, a PNSB (2020), no art.2º define:

I - barragem: qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;  
III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente;  
VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais. (p.1).

No manual de segurança e inspeção de barragens (BRASIL,2002) é definido como barragens de rejeito um barramento construído para reter rejeitos e materiais estéreis de mineração e de outros processos industriais.

### 2.1.5. Categorias de Risco (CRI) e Categoria de Dano Potencial Associado (DPA) à Barragem

As barragens de mineração em seu Art. 5º da Portaria nº 70.389 de 12 maio de 2017 do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM são classificadas juntamente com o Art. 7º da Lei nº 12.334/2010 por Categoria de Risco - CR e ao Dano Potencial Associado - DPA, nas classes A, B, C, D e E (DNPM, 2017). E classificadas em três categorias: alto, médio e baixo (Anexo A) e possuindo valores somatórios quanto aos pesos para cada categoria instituído pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012.

No artigo 6º da Lei nº 12.334/2010 em seu inciso 1º são estabelecidos como Instrumentos da PNSB o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado. Este sistema é classificado pelos agentes fiscalizadores com base em critérios gerais estabelecidos nos parágrafos 1º (Alterado pela Lei n.º 14.066/2020) e 2º do seu artigo 7º respectivamente:

A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, dos métodos construtivos, do estado de conservação e da idade do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem, bem como de outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador e a classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo é feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

## 2.2 GEOTECNOLOGIAS

Para Rosa (2005) as geotecnologias são um conjunto de tecnologias voltadas para a coleta, processamento e análise de informações com referências geográficas. Podendo destacar os sistemas de informações geográficas, a cartografia digital e o sensoriamento remoto.

O avanço tecnológico e científico, nas últimas décadas, vem comprovando as potencialidades destas ferramentas nas mais diferentes aplicações, com grande destaque ao estudo e gestão do meio ambiente (FITZ, 2008). Um exemplo de aplicação em áreas de barragens foi demonstrado no trabalho de Santos et al (2019). Estes autores utilizaram técnicas de geoprocessamento para analisar dados do cadastro de informações sobre barragens no Estado do Pará, disponíveis no

SNISB, e reconheceram os locais de concentração das mesmas, adotando as Regiões Hidrográficas como unidade de análise.

### 2.2.1 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e registro da energia refletida ou emitida da superfície (FLORENZANO, 2002). Segundo Lorenzetti (2015), o SR representa, principalmente, identificar ou monitorar as feições presentes na superfície da Terra, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação.

Sausen e Lacruz (2015) abordam o sensoriamento remoto como uma ferramenta essencial para a gestão de desastres pois auxilia no conhecimento para a identificação e o monitoramento de ameaças e para o apoio nas ações de respostas. Dessa forma são ferramentas úteis em todas as fases do gerenciamento de desastres (prevenção, preparação, alerta, resposta, mitigação e reconstrução).

A disponibilidade dos mais variados sensores atuando em diferentes regiões do espectro eletromagnético (sensores ópticos e de micro-ondas) com diferentes resoluções espaciais e temporais confere uma gama de vantagens que vai da obtenção de informações sobre grandes áreas em curto intervalo de tempo até o imageamento de áreas inacessíveis com dificuldade de acessos sobre diferentes condições climáticas.

Esse potencial colabora para a redução de prejuízos ambientais, socioeconômicos e humanos causados durante um evento de desastre, como por exemplo, no caso de rompimento de barragens.

### 2.2.2 Imagens de Radar

Imagens de radar são imagens de sensoriamento remoto que apresentam grandes vantagens de uso na região Amazônia. Segundo Rosa (2017) estas vantagens estão relacionadas à capacidade que o sensor ativo de radar tem de imagear os alvos independentemente da luz solar e das condições climáticas. Outras vantagens estão correlacionadas à forma de interação da energia do radar

com o alvo que vai depender dos atributos elétricos e geométricos dos diferentes alvos; conferindo assim, uma alta sensibilidade à umidade e à micro e macro topografia do terreno.

De acordo com Novo (2001) a palavra RADAR deriva da expressão “Radio Detection ad Ranging”, que traduzido de uma forma simples é a detecção de ondas de rádio e de distâncias. Com as funções básicas transmitir um pulso de micro-ondas em direção a um alvo; de receber a porção refletida do pulso transmitido depois de interagir com o alvo, que é a energia retro-espalhada e registrar a potência, a variação temporal e o tempo de retorno do pulso que foi retro-espalhado.

No Amapá em 2014 foi firmado convênio com o Exército Brasileiro para execução do Projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá – BCDC-AP, para realização do mapeamento, iniciando com a aquisição de Imagens Radar Aerotransportado nas Bandas X (3 cm de comprimento de onda) e P (70 cm de comprimento de onda).

Foram obtidas fotografias aéreas de alta resolução, conhecidas como ortofotos, das sedes municipais e aquisição de imagens radar para mapeamento nas escalas de 1:25.000 e 1:50.000 de todo o território amapaense. Tais insumos contribuíram para o mapeamento e fornecimento de informações sobre hidrografia, relevo, vegetação, sistema de transportes, energia e comunicações, estrutura econômica, localidades, limites, dentre outras informações (SEMA, 2014).

O processo de interferometria (INSAR) é outro grande potencial do radar pois permite modelar a superfície dos alvos a partir da geração dos modelos digitais de elevação: Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital do Terreno (MDT). E a utilização desses MDEs é uma atividade que vem sendo praticada recentemente dentro das geotecnologias.

#### 2.2.2.1 Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá

Em 2014, para a elaboração da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá – BCDC-AP, o Governo do Estado, através da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) e Secretaria de Estado de Planejamento (SEPLAN), celebrou dois convênios com o Exército Brasileiro, através da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG/), por intermédio da 4ª. DL/4º CGEO e CIGEx/1º CGEO.

A Base Cartográfica do Estado do Amapá foi gerada nas escalas 1:50.000 (78.000 km<sup>2</sup>) e 1:25.000 (75.000 km<sup>2</sup>), contemplando todo o território amapaense (GUIMARÃES FILHO; BORBA, 2020).

A BCDC-AP contém classes de objetos geoespaciais do mapeamento sistemático terrestre, observada a escala de representação, previstos na Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (CONCAR/ET-EDGV,2012) e Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (DSG/ET-ADGV,2011).

Treze grandes temas foram contemplados: 1. Hidrografia; 2. Relevo; 3. Vegetação; 4. Sistema de Transportes; 5. Energia e Comunicações; 6. Abastecimento de Água e Saneamento Básico; 7. Educação e Cultura; 8. Estrutura Econômica; 9. Localidades; 10. Pontos de Referência; 11. Limites; 12. Administração Pública; 13. Saúde e Serviço Social (VIEIRA, 2015).

Cada tema, por sua vez, é composto por uma série de arquivos, com alguns exemplos citados a seguir:

1. Hidrografia: curso d'água, massa d'água, barragem, reservatório hídrico, etc.

2. Relevo: curva de nível, ponto cotado altimétrico, terreno exposto

3. Vegetação: floresta, campo, vegetação cultivada, cerrado, etc.

4. Sistema de Transportes: trecho rodoviário, ponte, edificação rodoviária, trecho ferroviário, etc.

5. Energia e Comunicações: hidrelétrica, edificações de energia, torre de energia, edificações de comunicação, antena e torre de comunicação, etc.

6. Abastecimento de Água e Saneamento Básico: edificação de abastecimento de água, edificação de saneamento, cemitério, etc.

7. Educação e Cultura: edificação de ensino, edificação religiosa, área de lazer, quadra poliesportiva, edificação turística, etc.

8. Estrutura Econômica: edificação comercial, edificação industrial, edificação extrativista ou mineral, edificação agropecuária, etc.

9. Localidades: área urbana isolada, área edificada, habitação indígena, edificação habitacional, etc.

10. Pontos de Referência: estação de medição meteorológica, marco geodésico, etc.

11. Limites: limite administrativo, limite de área especial, unidade de conservação, etc.

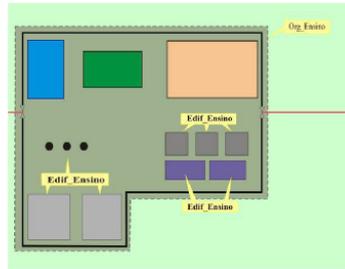
12. Administração Pública: edificação pública civil, posto de fiscalização, edificação pública militar, posto policial rodoviário, etc.

13. Saúde e Serviço Social: edificação de saúde, edificação de serviço social, etc

Cada arquivo vetorial, possui uma tabela de atributos associada, onde constam informações sobre a feição representada (Figura 1).

Por exemplo, o arquivo vetorial denominado Edif\_Ensino, contém informações sobre: Nome, Geometria Aproximada, Operacional, Situação Física, Material de Construção, Tipo Classe CNAE (que indicará se é uma instituição voltada ao ensino fundamental, educação infantil, educação superior, etc).

Figura 1 - Exemplo de informações para aquisição da feição Edificação de Ensino, conforme ADGV.

Classe		Código	Primitiva_geométrica
Edif_Ensino		7.06	☆ □
Situação	Método de Confeção	Ilustração	
<p><b>Geral</b></p> <p><b>Regra Geral:</b> A regra geral de construção da geometria dos objetos da classe <b>Edif_Ensino</b> é: 1) Primitiva geométrica do tipo ponto ou do tipo polígono.</p> <p><b>Atributos:</b> <b>nome</b> = a ser preenchido, se for o caso; <b>geometriaAproximada</b> = Sim ou Não; <b>operacional</b> = "Desconhecido" ou "Sim" ou "Não"; <b>situacaoFisica</b> = "Desconhecida" ou "Abandonada" ou "Destruída" ou "Construída" ou "Em construção"; <b>matConstr</b> = "Desconhecido" ou "Alvenaria" ou "Concreto" ou "Madeira" ou "Metal" ou "Rocha" ou "Outros" ou "Não aplicável"; <b>tipoClasseCnae</b> = "Desconhecido" ou "Educação Infantil – Creche" ou "Educação Infantil – Pré-Escola" ou "Ensino Fundamental" ou "Ensino Médio" ou "Educação Superior – Graduação" ou "Educação Superior – Graduação e Pós-Graduação" ou "Educação Superior – Pós-Graduação e Extensão" ou "Educação Profissional de Nível Técnico" ou "Educação Profissional de Nível Tecnológico" ou "Outras Atividades de Ensino ou Misto" ou "Outros".</p> <p><b>Relacionamentos:</b> - Esta classe pode ser agregada à classe <b>Org_Ensino</b> ou às suas especializações, mesmo que esta organização agregue apenas uma edificação.</p>			

Fonte: DSG/ET-ADGV (2011).

Os arquivos vetoriais e a maioria dos arquivos raster que compõem o projeto BCDC-AP podem ser obtidos através de acesso ao Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro BDGEx.

### 2.2.3 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser entendido como um ramo de atividades, e ser definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e

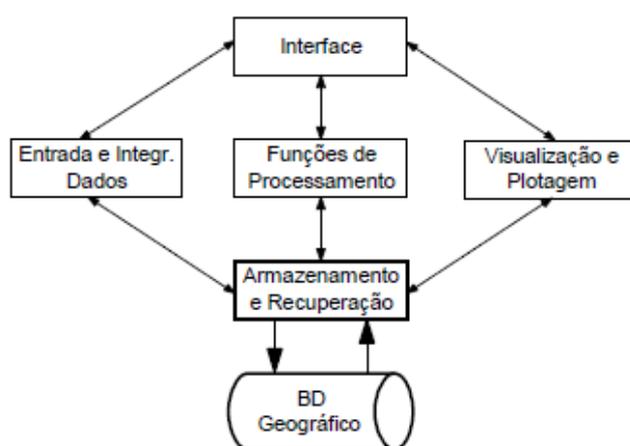
processamento de dados, a fim de gerar novos dados e ou informações espaciais ou georreferenciadas (ZAIDAN, 2017).

Para Teixeira (2015) o geoprocessamento é uma ferramenta de grande importância para estudos ambientais, por possibilitar diversas análises, como por exemplo na conservação da biodiversidade, devido à capacidade de coleta de dados espaciais relevantes para diversos estudos, como dados temáticos e de distribuição de espécies, permitindo análises mais detalhadas, como a identificação de áreas prioritárias para a conservação. Utilizada também no monitoramento, por exemplo: da cobertura vegetal e uso das terras, níveis de erosão do solo, poluição da água e do ar, disposição irregular de resíduos, etc.

Nesse cenário vale ressaltar a importância dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Ferramentas importantes que auxiliam na aquisição, armazenamento, análise e divulgação de informações. Os mesmos fazem a gestão de diferentes tipos de dados, podendo ter várias aplicações em diversas áreas do conhecimento, que serve como um sistema de apoio (LORENTZ; FONSECA; CINTRA, 2010).

Câmara [CAM96] citado por Filho (2000) demonstra a estrutura de um SIG (Figura 2) como: interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados.

Figura 2 - Arquitetura de um SIG



Fonte: Filho, 2000.

O SIG pode realizar a função de gerenciar um Banco de Dados Geográficos - BDG, uma vez que ele é responsável por organizar os dados adquiridos, armazenar, recuperar e manter sua atualização (FITZ, 2008).

Dessa forma, o BDG deve ser estruturado de modo que as informações se relacionem entre si de maneira coerente. Atendendo de maneira eficiente a necessidade de seu usuário, como por exemplo extrair informações mais específicas de diversos aspectos ou assuntos que se deseja.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo corresponde ao Estado do Amapá, localizado ao norte do Brasil, nos domínios da Amazônia brasileira. É considerado o Estado mais protegido da Amazônia, com 72% (BRASIL,2010) do seu território composto por Unidades de Conservação e Terras Indígenas, buscando assim, garantir a preservação de sua rica biodiversidade.

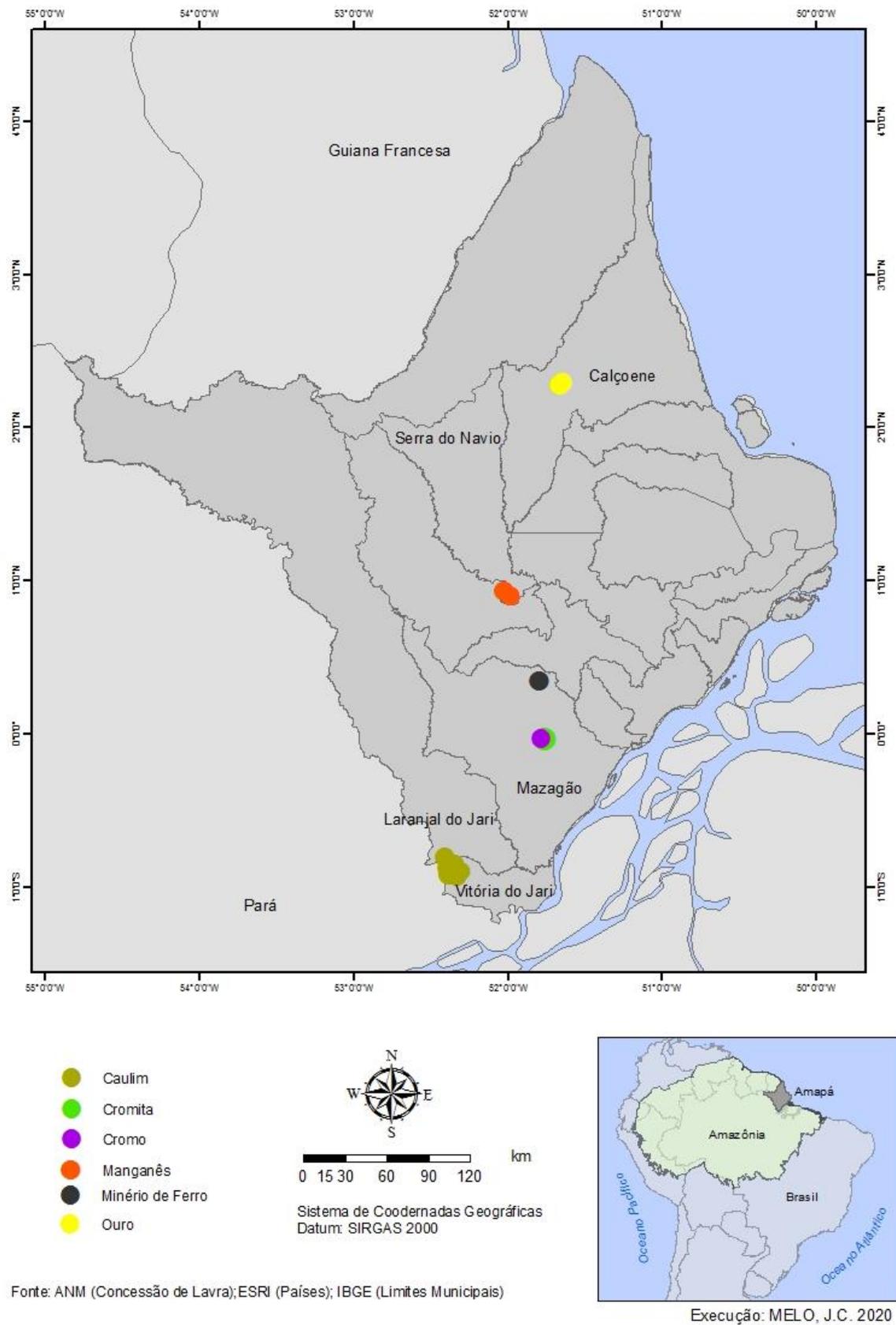
Dentro desta biodiversidade reside uma geodiversidade com grande potencial mineral. Em conflito com a questão ambiental, e justificado pela necessidade de desenvolvimento, o estado do Amapá tem sido palco de atividades de extração mineral há algumas décadas.

Em Serra do Navio se iniciou o grande projeto de exploração mineral, com a extração de manganês em 1957 (OLIVEIRA, 2020), abrindo caminho para os demais municípios com potencial mineral, serem palco dessas atividades.

Em 2005 no município de Pedra Branca do Amapari iniciou o segundo ciclo de mineração no Estado do Amapá, com a extração de ferro e ouro na localidade e sendo considerada atualmente como a principal região mineradora do Estado (OLIVEIRA, 2020).

A área de estudo (Mapa 1) representa a localização das concessões de lavras dos principais recursos minerais do Estado do Amapá.

Mapa 1 - Principais locais de Concessão de lavra mineral no Estado do Amapá



Fonte: Autora (2020)

## 3.2 COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

### 3.2.1 Aquisição de Dados Existentes Sobre a Localização das Barragens

As informações pertinentes às barragens foram obtidas no Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Amapá - IMAO, nos dados do Projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDC-AP (2014) e no site da Agência Nacional de Mineração - ANM.

### 3.2.2 Aquisições de Dados Temáticos, Cartográficos e de Sensoriamento Remoto

#### 3.2.2.1 Dados temáticos

Informações e arquivos *shapefile* sobre áreas protegidas, bacias hidrográficas, municípios e projetos de assentamento, compatíveis com as escalas 1:250.000 (bacias hidrográficas) e 1:100.000 (demais arquivos) foram obtidas junto à SEMA.

#### 3.2.2.2 Arquivos Vetoriais da BCDC-AP

Os dados vetoriais referentes à hidrografia, estruturas econômicas, localidades, saúde, educação, cultura, lazer, foram adquiridos da BCDC-AP (2019), na escala 1:25.000, em formato SQLite.

A hidrografia foi utilizada para identificar o percurso do rejeito em caso de rompimento da bacia.

Os demais temas (Sistema de Transportes, Energia e Comunicação, Abastecimento de Água e Saneamento Básico, Educação e Cultura, Estrutura Econômica, Localidades, Administração Pública, Saúde e Serviço Social) foram utilizados para contextualizar a área de entorno das bacias de rejeito e entorno dos rios que poderão ser afetados em caso de rompimento.

### 3.2.2.3 Arquivos Matriciais da BCDC-AP

Os dados de Sensoriamento Remoto utilizados correspondem às Imagens de Radar Aerotransportado, Bandas X e P, com resolução espacial de 2,5 metros, adquiridas, através da BCDC-AP, em sobrevoos realizados durante o segundo semestre de 2014, no período de verão, compatíveis com escala 1:25.000. Modelos Digitais de Terreno (MDT), gerados no âmbito do projeto BCDC-AP, a partir das imagens P, com pixel de 2,5 m, também foram utilizados neste trabalho.

## 3.3 TRATAMENTO E VALIDAÇÃO DOS DADOS

### 3.3.1 Padronização e Conversão dos Dados Obtidos Relativos à Localização das Barragens das Bacias de Rejeito

Os dados sobre as barragens das bacias de rejeito foram adquiridos a partir de diferentes fontes, apresentando características distintas em relação aos formatos dos arquivos digitais e sistemas de coordenadas.

Com o objetivo de padronizar os formatos e informações dos dados, foi gerado um arquivo *shapefile* com sistema de coordenadas geográficas e Datum horizontal SIRGAS 2000. Todos os arquivos obtidos foram reprojatados e agregados a este arquivo.

#### 3.3.1.1 Dados provenientes do IMAP

Dados obtidos no IMAP estavam em formato de planilha Excel e fotos georreferenciadas.

As informações de localização contidas na planilha estavam em graus, minutos e segundos e foram transformadas on-line, através da calculadora geográfica no site do INPE (2019), em valores de graus decimais. Posteriormente, estas coordenadas foram convertidas em arquivo *shapefile* no Programa ARCGIS 10.3.

As fotos georreferenciadas tiveram seus valores de coordenadas convertidos para graus decimais. Com isso, foi gerado um arquivo *shapefile* (representação

geométrica ponto) a partir dos valores dos pares de coordenadas convertidos para representar as localizações das feições presentes nas fotos.

Estes dados (planilhas e fotos) não possuíam informações sobre Datum, sendo, portanto, adotado o Datum Horizontal SIRGAS 2000.

### 3.3.1.2 Dados provenientes da BCDC-AP

Os vetores da BCDC-AP de localização de barragens e de estrutura econômica, energia, comunicação, educação, administrativa, saúde, transporte, abastecimento e saneamento básico, originalmente com Projeção Universal Transversal de Mercator – UTM, Zona 22 Sul, e Datum Horizontal SIRGAS 2000 foram convertidos no Programa ARCGIS 10.3 para Sistema de Coordenadas Geográficas.

Os arquivos vetoriais da BCDC-AP foram obtidos no formato SQLite (nativo do Programa QGIS) contendo 2.479 arquivos em feições de ponto, área e linha. Com objetivo de otimizar as análises, estes arquivos foram convertidos em um único arquivo *shapefile*, denominado: “ponto\_area\_linha\_geral.shp”, contendo todos os objetos em geometria pontual.

Para isto, no programa ArcGIS, foram gerados centroides para as feições de polígonos e linhas, mantendo assim seus atributos. Depois de gerados os centroides, estes foram incorporados ao arquivo “ponto\_area\_linha\_geral.shp” que havia sido gerado e já continha a feição de ponto, o qual agregou informações da BCDC-AP utilizadas neste trabalho.

A fim de permitir a identificação da origem de cada arquivo foi criada em cada tabela de atributos alguns campos denominados:

1. FONTE: contendo as informações do nome do arquivo de origem (exemplo: Dep\_Abast\_Agua, Edif\_Ensino);
2. CLASSE: contendo a classe nativa de cada arquivo (exemplo: Localidades, Saúde).
3. GEOMETRIA: contendo a geometria original de cada arquivo (ponto, linha ou área).

As especificações técnicas DSG/ET-ADGV (2011) e CONCAR/ET-EDGV (2012) contêm informações sobre cada um dos temas contidos na BCDC-AP e seus atributos.

### 3.3.1.3 Dados provenientes da ANM

Dois arquivos foram obtidos no Site da ANM: 1) arquivo contendo a localização e nome das barragens e, 2) arquivo contendo informações sobre os processos minerais e seus atributos (nome, nº processo, ano, área, fase, substância, uso) (utilizado para validação das informações obtidas em outras fontes). Os vetores estavam em formato *kml*, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum Horizontal SIRGAS 2000. Foram convertidos no Programa QGIS 2.18.10 para arquivo *shapefile*, mantendo o Sistema de Coordenadas e Datum originais.

### 3.3.2 Validação das Informações

Após espacialização das informações relativas às localizações das barragens (feições pontuais), contidas nos arquivos do IMAP, verificou-se a presença de inconsistência quanto à localização de algumas destas estruturas, tais como: (1) barragens em áreas de floresta densa, distante de vias de acesso e sem vestígios de atividades minerais; (2) barragens fora do estado do Amapá.

Esta situação gerou a necessidade de verificar a veracidade dos pontos obtidos. Nesta etapa três critérios foram considerados para validar os dados:

1. O ponto relativo à localização da barragem deve estar inserido dentro de um polígono relativo à área de processo mineral;
2. Corpos d'água (prováveis bacias de rejeito) devem existir no entorno próximo aos pontos de localização.
3. Deve apresentar vestígios de atividade mineral e/ou vias de acesso

Para verificar se as barragens estavam inseridas em áreas de atividades minerais, arquivos *shapefile* de processos minerais da ANM, foram sobrepostos aos arquivos *shapefiles* de barragens (IMAP e BCDC-AP). Barragens com coordenadas localizadas fora da abrangência dos polígonos de processos minerais do Amapá foram descartadas.

Para verificar se as coordenadas das barragens se localizavam próximas às bacias de rejeito, foram utilizadas Imagens de Radar Aerotransportado Banda X e P (Color). Quando observados corpos de água (prováveis bacias de rejeitos) próximos às coordenadas, estes foram vetorizados manualmente na escala de visualização 1:8.000 Na ausência de corpos d'água ou de outras feições que

indicassem atividade mineral em áreas próximas às coordenadas, estas foram desconsideradas.

### 3.4 ELABORAÇÃO DE ARQUIVOS VETORIAIS

#### 3.4.1 Barragens de Rejeito - Ponto

Após a verificação/validação das coordenadas constantes nos três arquivos *shapefile* (IMAP, ANM e BCDC-AP), as barragens validadas foram unificadas em único arquivo *shapefile*, com a primitiva geométrica de ponto, denominado “*Barragem\_Rejeito\_AP.shp*”.

Este arquivo possui uma tabela de atributos associada, contendo os seguintes campos:

1. Latitude: Coordenada em graus decimais, datum SIRGAS 2000.
2. Longitude: Coordenada em graus decimais, datum SIRGAS 2000.
3. Nome: nome da barragem, obtido através dos arquivos adquiridos no site da ANM e planilha IMAP.
4. Identificador: criado manualmente a fim de identificar cada barragem
5. Responsável: obtido através do atributo chamado “responsável” na planilha cedida pelo IMAP e pelo atributo chamado “NOME” no arquivo *shapefile* da ANM.
6. Situação: obtida através do campo “FASE”, contido na tabela de atributos do arquivo *shapefile* adquirido no site da ANM.
7. Registro: qual Órgão foi o responsável pela informação sobre a barragem (localização, nome, ...).
8. Processo ANM: obtido do campo “PROCESSO” da tabela de atributos do arquivo *shapefile* “*PROCESSOS\_MINERARIOS\_AP.shp*” de processos minerais da ANM.
9. Substância: informação adquirida do campo “SUBS”, da tabela de atributos do arquivo *shapefile* “*PROCESSOS\_MINERARIOS\_AP.shp*”, obtido no site da ANM.
10. Ano: informação adquirida do campo “ANO”, da tabela de atributos do arquivo *shapefile* “*PROCESSOS\_MINERARIOS\_AP.shp*”, obtido no site da ANM.

11. Área: informação adquirida do campo “AREA\_HA”, da tabela de atributos do arquivo *shapefile* “*PROCESSOS\_MINERARIOS\_AP.shp*”, obtido no site da ANM.
12. PNSB: informações sobre quais barragens estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, de acordo com o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, no site da ANM. As barragens que constam no cadastro foram identificadas com a palavra “Sim”. As barragens com a palavra “Não” neste campo são aquelas que não estão inseridas na PNSB.

#### 3.4.2 Bacias de Rejeito - Polígono.

As bacias de rejeito foram vetorizadas, com a primitiva geométrica polígono, para se obter a área aproximada de cada reservatório.

A vetorização foi baseada na interpretação visual de imagens de Radar Aerotransportado Bandas X e P (BCDC-AP, 2014), composição colorida. Para auxiliar a localização das bacias de rejeito, foi utilizado o arquivo “*Barragem\_Rejeito\_AP.shp*” o qual contém feições de pontos indicando a localização das barragens em bacias de rejeito.

A vetorização foi executada manualmente no programa ArcGIS, com escala de visualização 1:8.000 em projeção UTM, Zona 22 Sul, Sirgas 2000. Para cada polígono foi realizado o cálculo da área em metros quadrados. Estas informações foram incorporadas à tabela de atributos dos arquivos *shapefile* “*BAR\_REJ\_AP\_POL.shp*”, através do campo “*area\_me*”.

#### 3.4.3 Barragens de Rejeito - Linha

Para possibilitar as análises espaciais, foi necessário localizar a estrutura da barragem de cada bacia de rejeito. Dois critérios foram utilizados para esta etapa:

1. Visualização em imagens Radar Aerotransportado, Bandas X e P, composição colorida.
2. Utilização de informações sobre a topografia do terreno para identificar a área mais baixa da bacia.

### 3.4.3.1 Informações Sobre a Topografia

Embora as bacias de rejeito pudessem ser facilmente observadas, grande parte das barragens não foi localizada nas imagens de radar utilizadas, tanto pelas características da imagem (resolução espacial, ângulo de visada, direção do vôo...), quanto pelas características da barragem (tamanho, material, contexto, orientação).

Com o objetivo de inferir a localização da estrutura de barragem, foram utilizadas informações sobre a hidrografia e topografia, pressupondo-se que o maior desnível do terreno é o indicativo da área de maior acúmulo/contenção de rejeito e, portanto, o local mais provável para a localização do barramento.

Para identificar as áreas mais baixas das bacias de rejeito, foram utilizadas informações sobre hidrografia (arquivo vetorial) e o Modelo Digital do Terreno - MDT (arquivo raster), ambos da BCDC-AP (2014/2019). A partir do MDT foram obtidas curvas de níveis, equidistantes de 1 metro, nas áreas de entorno das bacias de rejeito. Através das curvas de nível, foram identificados os locais mais baixos no entorno de cada bacia hidrográfica e uma linha foi traçada, a fim de representar a localização aproximada de cada barragem ("*BAR\_REJ\_AP\_LN\_utm\_22S*").

## 3.5 ANÁLISE ESPACIAL

Uma série de análises espaciais, em ambiente SIG, foram realizadas para identificar (1) as bacias hidrográficas e os municípios onde as bacias de rejeito estão inseridas, (2) as infraestruturas, habitações e áreas protegidas no entorno próximo das barragens e (3) localizadas às margens do leito do rio que poderá ser impactado no caso de desabamento de barragens.

As análises foram executadas no Programa ArcGIS, da ESRI, e basearam-se principalmente em operadores de consulta espacial (localização ou atributo), buffers e clips (intersecções).

### 3.5.1 Identificação dos Municípios e das Bacias Hidrográficas que Possuem Barragens

Os municípios e bacias hidrográficas que contêm barragens foram identificados através da *consulta <Seleção por localização>*, utilizando os arquivos “*Barragem\_Rejeito\_AP.shp*” (elaborado neste trabalho, com a primitiva geométrica de ponto e sua intersecção com os shapefiles “*Municipios\_SEMA.shp*” e “*Bacias\_Hidrograficas\_ZEE.shp*”.

Após intersecção, os vetores selecionados foram convertidos nos arquivos shapefile “*Bacias\_Hidrog\_Barragens.shp*” e “*Municipios\_com\_barragens.shp*”. A partir dos resultados, mapas foram elaborados.

### 3.5.2 Identificação dos Rios que Poderão Ser Afetados em Caso de Rompimento de Barragem

Para identificar o percurso de cada rio que poderá ser afetado em caso de rompimento de barragem, foi criado o arquivo shapefile “*HIDROGRAFIA\_POT\_ATINGIDA*”.

Assim, a partir do arquivo “*Trecho\_Drenagem.shp*” (BCDC-AP, 2014) foram selecionados manualmente os vetores de drenagem à jusante de cada bacia de rejeito, considerando o percurso do rio desde a barragem até a foz no Oceano Atlântico ou na região estuarina (Canal Norte do Rio Amazonas e Foz do Rio Amazonas). Estes vetores foram convertidos no arquivo “*HIDROGRAFIA\_POT\_ATINGIDA*”. Através de uma operação na tabela de atributos foi obtida a extensão de cada percurso do rio, em metros, informando assim a distância que os resíduos poderão percorrer até o Oceano ou Canal Norte do Rio Amazonas, em caso de acidentes.

Estes percursos dos rios foram considerados passíveis de serem atingidos em caso de rompimento.

Quando a bacia de rejeito não estava localizada no percurso de um rio, um trecho de drenagem foi vetorizado desde a barragem até o curso d’água mais próximo, a fim de identificar o provável percurso do rejeito, em caso de rompimento, considerando o desnível do terreno com auxílio do MDT e curvas de nível.

### 3.5.3 Delimitação do Trecho Potencialmente Afetado (TPA)

Para delimitação do trecho que poderá ser potencialmente afetado em caso de rompimento da barragem, foi gerado um buffer de 100 metros a partir do arquivo *"HIDROGRAFIA\_POT\_ATINGIDA.shp"*. Tal buffer foi gerado com o objetivo de delimitar uma faixa no entorno dos cursos d'água e assim selecionar todas as feições contidas na mesma. O resultado foi um arquivo no formato de polígono denominado *"TRECHO\_POTENCIALMENTE\_ATINGIDO\_100M.shp"*.

A distância de 100 metros foi adotada para identificar as estruturas socioeconômicas, próximas às margens dos rios atingidos, que poderão ser afetadas direta ou indiretamente (interdição de via de acesso, contaminação da água) ou servir de apoio para ações de salvamento, como uma escola ou hospital nas proximidades.

### 3.5.4 Identificação das Feições Contidas pelo Trecho Potencialmente Afetado

O procedimento adotado foi baseado no uso de operadores de análises espaciais (seleção por localização e/ou clip) para selecionar as feições socioeconômicas e ambientais abrangidas pelo trecho potencialmente afetado.

Além das informações sobre áreas protegidas, foram utilizados diversos temas contidos na BCDC-AP, tais como: estrutura econômica, energia, comunicação, educação, estruturas administrativas, saúde, transporte, abastecimento e saneamento básico. O intuito foi buscar identificar as principais feições que se encontram inseridas nas faixas de trechos potencialmente afetados (buffer de 100 metros) e, conseqüentemente, expostas às conseqüências de um possível caso de rompimento de barragem.

Através da seleção das feições atingidas, diversos mapas foram confeccionados demonstrando o que poderá ser afetado nestas faixas.

#### 3.5.4.1 Identificação das Áreas Protegidas que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento De Barragem

Foi realizada uma seleção por localização para identificar as áreas protegidas que estão "atravessadas" pelo vetor

“*TRECHO\_POTENCIALMENTE\_ATINGIDO\_100M.shp*”. Em seguida foi realizada operação espacial (clip e cálculo de área) para quantificar a área contida nessas faixas potencialmente afetadas.

Com o resultado foi possível mostrar quais áreas protegidas poderão ser afetadas em caso de rompimento de barragem.

#### 3.5.4.2 Identificação das Vias de Acesso que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento de Barragem

Nesta etapa foram identificadas as vias de acesso que poderão ser atingidas em caso de rompimento de barragem.

O vetor “*TRECHO\_POTENCIALMENTE\_ATINGIDO\_100M.shp*” foi utilizado para executar a operação de seleção por localização, e assim selecionar as estradas que fazem intersecção com essa faixa de 100 metros.

Em seguida foi realizada operação espacial “Clip”, para quantificar a extensão das vias de acesso contidas nessa faixa e que poderão ser potencialmente afetadas em caso de rompimento de barragem. A extensão foi calculada através da operação “Calculate Geometry”.

#### 3.5.4.3 Identificação das Feições Estruturais e Socioeconômicas que Poderão Ser Afetadas em Caso de Rompimento de Barragem

O arquivo “*ponto\_area\_linha\_geral.shp*”, (item 3.3.3) foi utilizado para gerar informações sobre as feições socioeconômicas e estruturais que poderão ser afetadas em caso de rompimento de barragem.

Foi realizada a operação <Seleção por Localização> para identificar todas as feições do arquivo “*ponto\_area\_linha\_geral.shp*”, contidas na área de abrangência do arquivo shapefile “*TRECHO\_POTENCIALMENTE\_ATINGIDO\_100M.shp*”.

Devida à grande quantidade e variedade de feições contidas no Trecho Potencialmente Afetado, foram gerados mapas agregando algumas classes:

- a. Administração Pública, Educação e Cultura, Saúde e Serviço Social
- b. Abastecimento de Água e Saneamento Básico, Energia e Comunicação e Hidrografia
- c. Estrutura Econômica
- d. Sistema de Transportes

e. Localidades (Comunidades e Unidades Habitacionais)

### **3.6 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS (BDG)**

A fim de contribuir para continuidade dos estudos sobre as bacias de rejeito no Estado do Amapá, os arquivos vetoriais gerados e utilizados neste trabalho foram armazenados em um banco de dados denominado BDG\_BARRAGENS\_AMAPA, gerado no QGIS em formato SQLite e será disponibilizado após publicação do artigo deste trabalho.

### **3.7 PROGRAMAS UTILIZADOS**

Para etapas de conversão, tratamento e análises foram utilizados os seguintes programas: 1) QGIS versão 2.18.10 para conversão de arquivo em formato *kml* para *shp* (*shapefile*), para vetorização das barragens e geração do arquivo SQLite; 2) ARCGIS versão 10.3 para geração dos Buffers, realização de análises espaciais (intersecção) e para a elaboração dos mapas. A grande maioria dos dados foram tratados no Laboratório de Geoprocessamento, do Curso de Ciências Ambientais – LABGEO.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

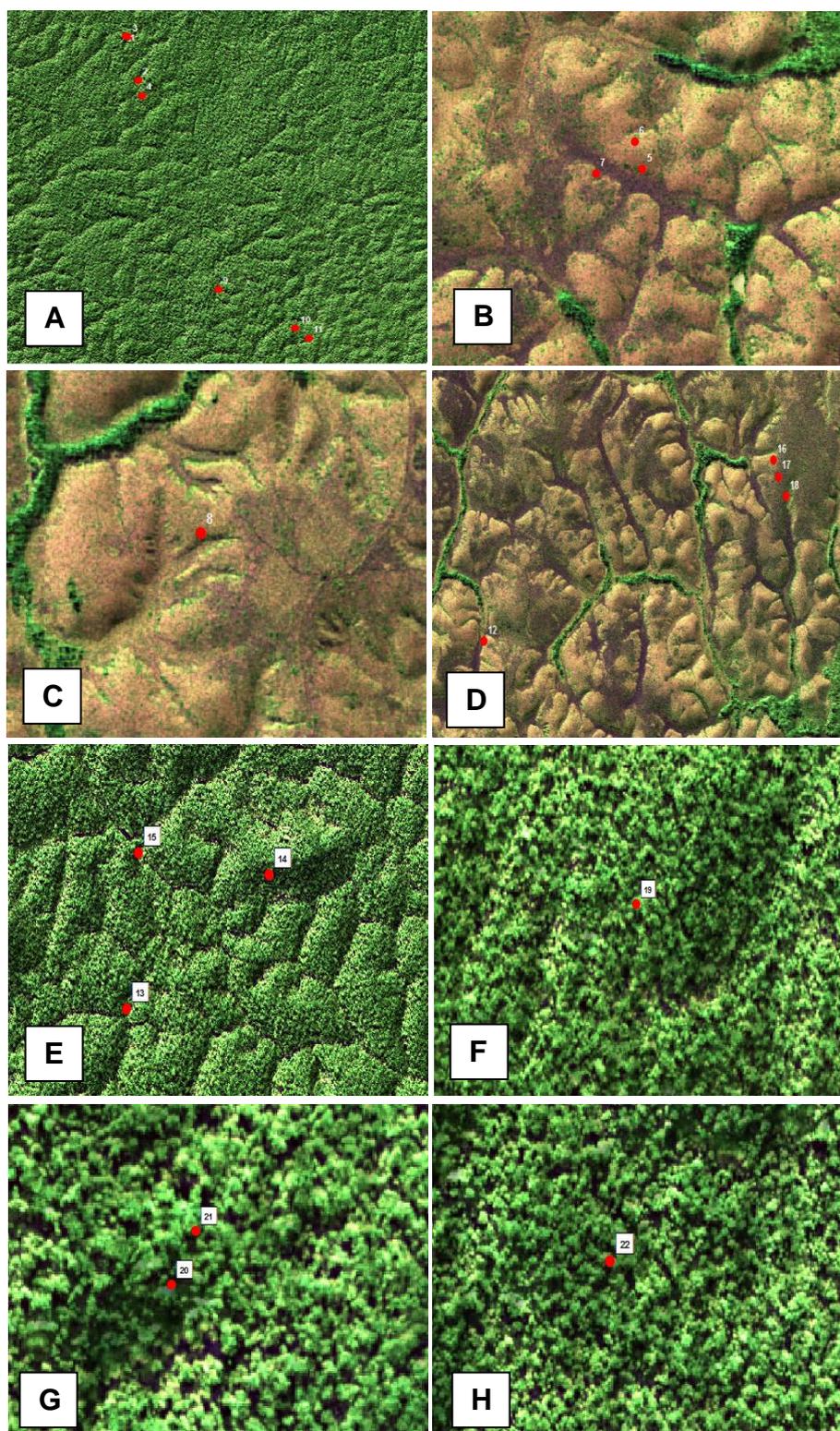
### **4.1 Verificação dos dados obtidos**

#### **4.1.1 Informações Contidas na Planilha disponibilizada pelo IMAP**

A Tabela fornecida pelo IMAP (Anexo B) contém 23 pares de coordenadas referentes às localizações de bacias de rejeito. Entretanto, após a espacialização dos dados verificou-se que nenhum ponto corresponde à localização de uma bacia de rejeito, pois os mesmos não estavam perto de um corpo d'água e ou no local não havia estrutura equivalente a uma bacia de rejeito e presença de estruturas de mineração.

Os pontos de coordenadas correspondem a locais de floresta densa e áreas sem vestígios de atividade mineral ou bacia de rejeito (Figura 3), sendo desconsiderados para este trabalho.

Figura 3 - Localização das barragens em áreas de floresta e área sem vestígios de bacia de rejeito



Fonte: IMAP (2019), BCDC-AP (2014)

#### 4.1.2 Informações obtidas a partir das Fotografias Georreferenciadas disponibilizada pelo IMAP

IMAP disponibilizou 147 fotografias, contendo dados de localização de 13 barragens ou bacias de rejeito: Barragem Mineração Vila Nova (Mineração Vila Nova Ltda), Barragem 1 Mineração Vila Nova (Mineração Vila Nova Ltda), Barragem 2 Mineração Vila Nova (Mineração Vila Nova Ltda) (Figura 4), Mineração Vila Nova Ltda.

Barragem Mário Cruz 01 (Zamin Mineração Ltda), Barragem Mário Cruz 02 (Zamin Mineração Ltda), Barragem 01 (Unagem Min. e Metal. S.A) (Figura 5), Barragem Sentinela Icomi (Ministério de Minas e Energia), Barragem Sentinela Icomi Jusante (Ministério de Minas e Energia), Barragem Samacá (Hanna Mineração Ltda./atual Mineração Vila Nova Ltda) (Figura 6), Barragem Leste (Beadell Brasil Ltda), Barragem NMP (Beadell Brasil Ltda) (Figura 7), Barragem 3 (Hanna Mineração Ltda).

Figura 4 – Barragem 2 Mineração Vila Nova, no Município de Mazagão.



Fonte: IMAP (2019)

Figura 5 - Barragem Vila Nova Unamgen.



Fonte: IMAP (2019)

Figura 6 - Barragem Samacá Mineração Vila Nova.



Fonte: IMAP (2019)

Figura 7 - Barragem North Mill Pond Beadell Brasil Ltda, no município de Pedra Branca do Amapari.



Fonte: IMAP (2019)

Após gerar arquivo *shapefile* de pontos, a partir das coordenadas das fotografias, constatou-se que as fotografias sobre as 13 barragens estavam localizadas em áreas próximas a corpos d'água, visíveis nas imagens de Radar Color.

As principais características que permitiram interpretar esses locais como bacia de rejeito foi sua ocorrência junto a um corpo d'água, a configuração geométrica de sua estrutura na forma de bacia e presença de vestígios de mineração.

#### 4.1.3 Informações obtidas a partir dos vetores da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDC-AP

O arquivo *shapefile* da BCDC-AP contém 84 registros referentes às barragens. A tabela de atributos possui informação sobre o uso principal: (desconhecido, irrigação, abastecimento, energia, não aplicável e outros) (Quadro 1).

Quadro 1 - Identificação de Domínios sobre Barragens

Domínios	Nº Feições
Desconhecido	15
Irrigação	20
Abastecimento	15
Energia	4
Não aplicável	6
Outros	24

Fonte: Autora (2020)

A maioria das barragens não corresponde à bacia de rejeito. Grande parte está associada aos tanques de piscicultura (Figura 8), aos reservatórios de água para uso agropecuário ou energético (Figura 9) aos pequenos “lagos” que se formaram ao lado de estradas em função da construção de reservatório para geração de energia (Figura 10).

Após sobrepor o arquivo *shapefile* da BCDC-AP às Imagens de Radar e aos polígonos dos processos minerais (ANM, 2019), a fim de verificar quais apresentavam características de uma barragem de rejeito, apenas 3 foram consideradas para este trabalho. Porém, estas (Barragem TAP D (Beadell Brasil Ltda), Barragem 1 (Vicente Sarmiento) e Ministério de Minas e Energia) também foram constatadas nas demais fontes (IMAP e ANM).

Figura 8 - Linha indicando barragem (arquivo Barragens\_25k.shp), em vermelho, sobreposta à imagem Radar (Composição X e P, colorida) em área de piscicultura.



Fonte: BCDC-AP, 2014.

Figura 9 -Exemplo de Barragem (linha em vermelha) em área de reservatório de água para uso agropecuário.



Fonte: BCDC-AP (2014)

Figura 10 - Barragens (linhas em vermelho) associadas às estradas, que possivelmente foram aterradas devido à inundação do Reservatório da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes.



Fonte: BCDC-AP (2014)

#### 4.1.4 Informações obtidas através do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e arquivo *shapefile* da ANM

De acordo com informações consultadas no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (ANM, 2019), são classificadas 12 barragens no Amapá (Tabela 1), distribuídas 3 no município de Vitória do Jari, 3 em Pedra Branca do Amapari, 3 em Mazagão, 2 em Calçoene e 1 Ferreira Gomes.

Tabela 1 - Cadastro de barragens de mineração no Amapá

Responsável Empresa	Barragem	Município	Minério Principal	Altura (m)	Volume (m³)	Tipo	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado	Classe
<b>Cadam S.A.</b>	Barragem da Cava	Vitória do Jari	Caulim	25,00	1.755.555,00	Alteamento a jusante	Baixa	Média	C
<b>Zamin Amapá Mineração S.a.</b>	Mario Cruz	Pedra Branca do Amapari	Itabirito	28,00	25.366.731,00	Alteamento a montante ou desconhecido	Média	Média	C
<b>Beadell Brasil Ltda</b>	North Mill Pond	Pedra Branca do Amapari	Minério de Ouro Primário	27,00	11.352.000,00	Alteamento a jusante	Baixa	Alta	B
<b>Beadell Brasil Ltda</b>	TAP D	Pedra Branca do Amapari	Minério de Ouro Primário	36,00	6.280.000,00	Etapa única	Baixa	Alta	B
<b>Unamgen Mineração e Metalurgia S.a.</b>	Vila Nova	Mazagão	Minério de Ferro	15,50	440.300,00	Etapa única	Baixa	Baixa	E
<b>Mineração Vila Nova Ltda</b>	Bacuri	Mazagão	Minério de Cromo	5,00	650.000,00	Indefinido	-*	-*	-*
<b>Empresa de Mineração e Pesquisa do Amapá</b>	Barragem da Usina	Calçoene	Minério de Ouro Primário	10,00	80.000,00	Indefinido	-*	-*	-*
<b>Zamapá Mineração S.a.</b>	Barragem de Clarificação de Água	Ferreira Gomes	Minério de Ferro	8,00	42.000,00	Indefinido	-*	-*	-*
<b>Cadam S.a.</b>	Barragem do Felipe	Vitória do Jari	Caulim	13,00	245.418,00	Etapa única	-*	-*	-*
<b>Cadam S.a.</b>	Barragem do Muriacá	Vitória do Jari	Caulim	10,00	52.000,00	Etapa única	-*	-*	-*
<b>AM Amapá Mineração Ltda</b>	Rejeito Usina	Calçoene	Minério de Ouro Primário	5,00	82.000,00	Indefinido	-*	-*	-*
<b>Mineração Vila Nova Ltda</b>	Samaca	Mazagão	Minério de Ferro	9,00	700.000,00	Indefinido	-*	-*	-*

Fonte: Elaborada pela autora com base em ANM (2019).

\* Dados não informados no Sistema.

O arquivo shapefile da ANM contém informações sobre 12 barragens de rejeito para o estado do Amapá, classificadas em 2 categorias: “não incluídas” e “incluídas” na Política Nacional de Segurança de Barragem. Dentre as 12 barragens, sete estão classificadas como “não incluídas” na PNSB e cinco estão classificadas como “incluídas”.

Foram consideradas seis barragens de rejeito neste trabalho, sendo que cinco coincidiram com informações obtidas também de outras fontes (IMAP e BCDC-AP). Seis barragens não foram consideradas por não apresentarem as mesmas informações nas demais fontes (como mesmo nome, localização) (Tabela 3).

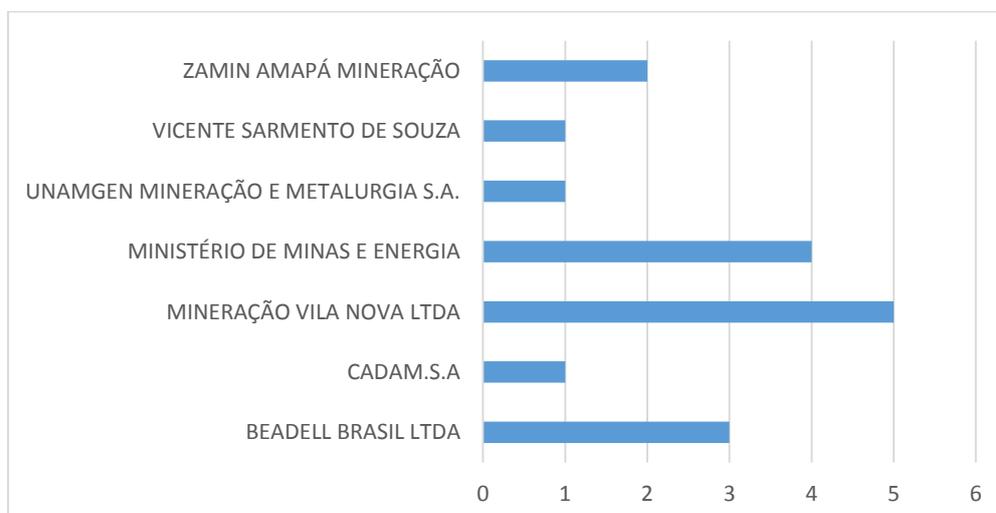
#### 4.1.5 Barragens consideradas neste trabalho

Depois da verificação e validação das informações sobre barragens, 17 foram consideradas para este trabalho (Tabela 2), sob responsabilidade do Governo e Empresas.

Algumas bacias de rejeito não foram consideradas neste trabalho, por imprecisão sobre a sua localização, sendo 16 descartadas neste trabalho (Tabela 3).

Em relação à quantidade de barragens sob um mesmo responsável no estado do Amapá, a Mineração Vila Nova Ltda, que explora minério de ferro, apresentou o maior número de barragens de rejeito (5), seguida pelo Ministério de Minas e Energia (4) e Beadell Brasil Ltda (3) (Gráfico 1).

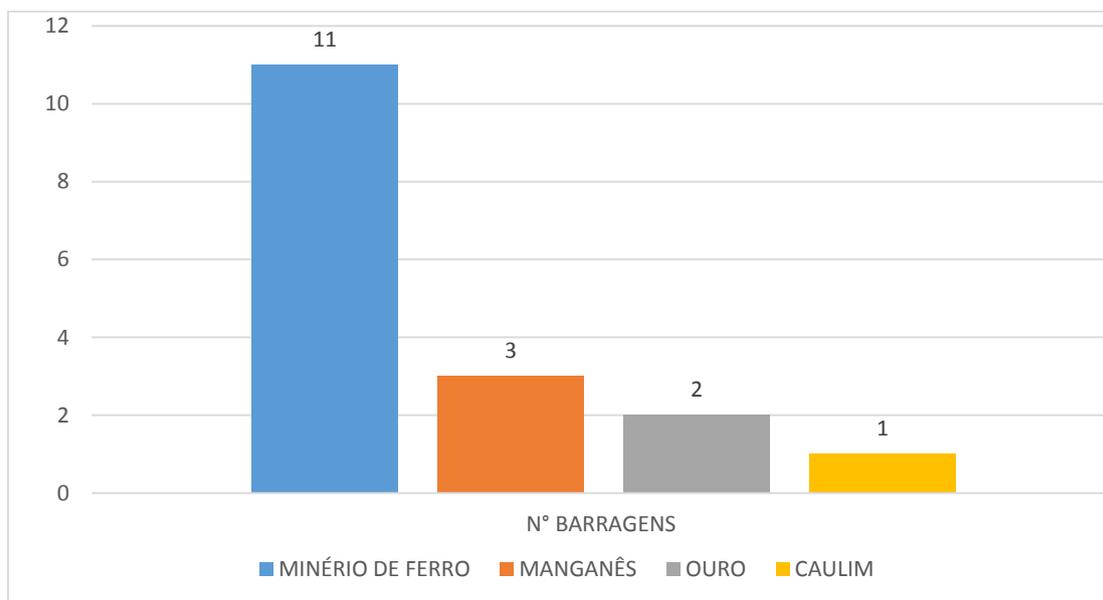
Gráfico 1 - Quantidade de Barragens por Responsável



Fonte: Autora (2020)

A atividade de exploração mineral predominante no Estado é a de minério de ferro (Gráfico 2). A exploração do manganês, ouro e caulim também está associada às bacias de rejeito.

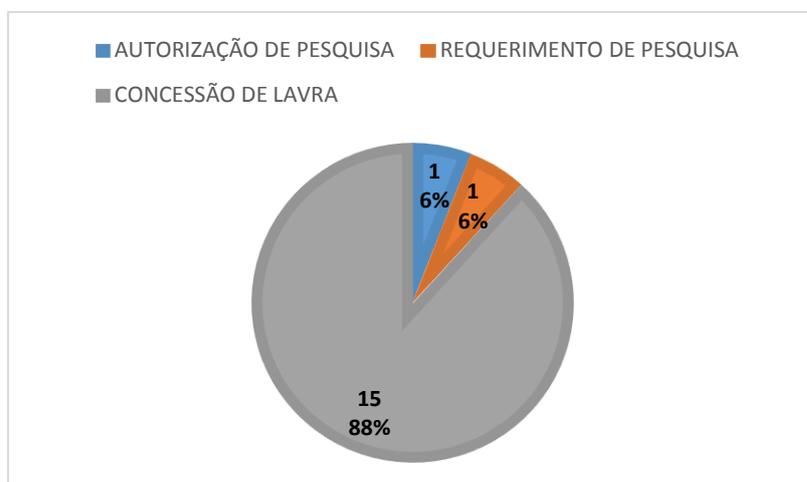
Gráfico 2 - Quantidade de Barragens por Substância Mineral



Fonte: Autora (2020)

Para as 17 barragens identificadas foi possível observar a situação quanto ao seu processo mineral (ANM,2019), sendo “concessão de Lavra” a situação cadastral predominante, com 88% das barragens nesta fase (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Situação das Barragens no Amapá quanto ao seu processo mineral



Fonte: Autora (2020)

Tabela 2 - Barragens de Rejeito Consideradas neste trabalho

Id	Responsável	Nome Barragem	Situação	Fonte	Processo ANM	Substância	Ano
1	Ministério de Minas e Energia	Barragem Sentinela Icomi	Autorização de Pesquisa	IMAP	855399	Minério de Ouro	1994
2	Ministério de Minas e Energia	-	Concessão de Lavra	BCDC-AP	3264	Manganês	1953
3	Ministério de Minas e Energia	Barragem Sentinela Icomi	Concessão de Lavra	IMAP	3264	Manganês	1953
4	Ministério de Minas e Energia	Barragem Sentinela Icomi Jusante	Concessão de Lavra	IMAP	3264	Manganês	1953
5	Beadell Brasil Ltda	Barragem Tap D	Concessão de Lavra	BCDC-AP	851676	Minério de Ferro	1992
6	Beadell Brasil Ltda	Barragem Nort Mill Pond	Concessão de Lavra	IMAP	851676	Minério de Ferro	1992
7	Beadell Brasil Ltda	Barragem Leste Construção	Concessão de Lavra	IMAP	851676	Minério de Ferro	1992
8	Zamin Amapá Mineração	Barragem Mário Cruz	Concessão de Lavra	IMAP	858010	Minério de Ferro	1999
9	Zamin Amapá Mineração	-	Concessão de Lavra	IMAP	852730	Minério de Ferro	-
10	Mineração Vila Nova Ltda	Barragem Mineração Vila Nova	Concessão de Lavra	IMAP	851211	Minério de Ferro	1980
11	Mineração Vila Nova Ltda	Barragem 1 Mineração Vila Nova	Concessão de Lavra	IMAP	851211	Minério de Ferro	1980
12	Mineração Vila Nova Ltda	Barragem 2 Mineração Vila Nova	Concessão de Lavra	IMAP	851211	Minério de Ferro	1980
13	Mineração Vila Nova Ltda	-	Concessão de Lavra	IMAP	851211	Minério de Ferro	1980
13	Mineração Vila Nova Ltda	Barragem Samacà	Concessão de Lavra	IMAP	851211	Minério de Ferro	1980
15	Unamgem Mineração e Metalurgia S.A.	Barragem Vila Nova Unagem	Concessão de Lavra	IMAP	858119	Minério de Ferro	2009
16	Cadam.S.A	Barragem da Cava	Concessão de Lavra	ANM	814779	Caulim	1968
17	Vicente Sarmiento de Souza	Barragem 1	Requerimento de Lavra	BCDC-AP	858046	Ouro	2003

Fonte: Autora (2020)

Tabela 3 – Barragens de Rejeito Consideradas e não consideradas no Trabalho

Informações sobre localização de barragens considerada neste trabalho						
Barragem	Responsável	Fonte: Planilha IMAP (23 barragens)	Fonte: Fotografias IMAP (13 barragens)	Fonte: BCDC-AP* ( 3 barragens)	Fonte: ANM** (12 barragens)	
1	Barragem Leste	Beadell Brasil Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	-
2	Barragem NMP**	Beadell Brasil Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	Considerada
3	Barragem WP**	Beadell Brasil Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
4	Barragem TAP D**	Beadell Brasil Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	Considerada	Considerada
5	Barragem 1	Hanna Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
6	Barragem 2	Hanna Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
7	Barragem 3	Hanna Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	-
8	Barragem Samacá	Hanna Mineração Ltda./Mineração Vila Nova Ltda	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	Considerada
9	Barragem Mário Cruz 01**	Zamin Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	Considerada
10	Barragem Mário Cruz 02	Zamin Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	-
11	Barragem Mário Cruz 03	Zamin Mineração Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
12	Barragem 01**	Unagem Min. e Metal. SA	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	Considerada	-	Considerada
13	Barragem do Felipe	Cadam	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	Desconsiderada**
14	Barragem Muriacá	Cadam	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	Desconsiderada**
15	Barragem da Cava**	Cadam	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	Considerada
16	Barragem 1	COOPGAVIN	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-

17	Barragem 2	COOPGAVIN	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
18	Barragem 3	COOPGAVIN	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
19	Barragem Labourie*	COOGAL	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
20	Barragem Naldo 1	COOGAL	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
21	Barragem Naldo 2	COOGAL	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	-
22	Barragem 1	Oro Amapá Min. Ltda.	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	-	Desconsiderada**
23	Barragem 1	Vicente Sarmento	Desconsiderada - Coordenada imprecisa	-	Considerada	-
24	-	Ministério De Minas e Energia	-	-	Considerada	-
25	Barragem Sentinela Icomi	Ministério De Minas e Energia	-	Considerada	-	-
26	Barragem Sentinela Icomi Jusante	Ministério De Minas e Energia	-	Considerada	-	-
27	Barragem Mineração Vila Nova	Mineração Vila Nova Ltda	-	Considerada	-	-
28	Barragem Mineração Vila Nova	Mineração Vila Nova Ltda	-	Considerada	-	-
29	Barragem 2 Mineração Vila Nova	Mineração Vila Nova Ltda	-	Considerada	-	-
30	-	Mineração Vila Nova Ltda	-	Considerada	-	-
31	Bacuri	Mineração Vila Nova Ltda	-	-	-	Desconsiderada**
32	Barragem de Clarificação de água	Zamapá Mineração S.A.	-	-	-	Desconsiderada**
33	Barragem da Usina	Empresa de Mineração e Pesquisa do Amapá	-	-	-	Desconsiderada**

\* Dentre as 84 barragens contidas no arquivo shapefile da BCDC-AP, apenas correspondem às barragens de rejeito

\*\* Localização das barragens estão dentro de processo mineral, porém e \ou não coincide com as informações do IMAP e BCDC-AP quanto a localização (não sendo possível visualizar as bacias de rejeito)

Fonte: Autora (2021)

## 4.2 Espacialização das 17 Bacias de rejeito

A mineração Vila Nova Ltda e Unangem respondem por 6 bacias de rejeitos localizadas relativamente próximas, na área central do Amapá. Enquanto as bacias sob responsabilidade da Beadell Brasil Ltda, Zamin Amapá Mineração S.A. e Ministério de Minas e Energia integram um outro grupo de barragens, localizado ao sul das barragens citadas anteriormente (Mapa 2).

Através da distribuição espacial das barragens, obteve-se o mapa de concentração das barragens. Com a densidade das ocorrências é possível notar que a maioria das barragens de rejeito concentram-se no centro do Estado do Amapá (Mapa 3).

O que é preocupante, uma vez que se estas barragens vierem a romper, poderão causar grandes impactos ambientais e sociais. Pois afetarão a Bacia Hidrográfica (Rio Araguari) mais importante do Estado, incluindo Unidades de Conservação, como FLOTA do Amapá e REBIO do Lago Piratuba, UCs estas que são importantes para a manutenção da biota e preservação da diversidade biológica.

As barragens de rejeito estão inseridas nos municípios de Oiapoque, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Mazagão e Vitória do Jari (Tabela 4). Regiões estas reconhecidas pela ocorrência significativa de recursos minerais.

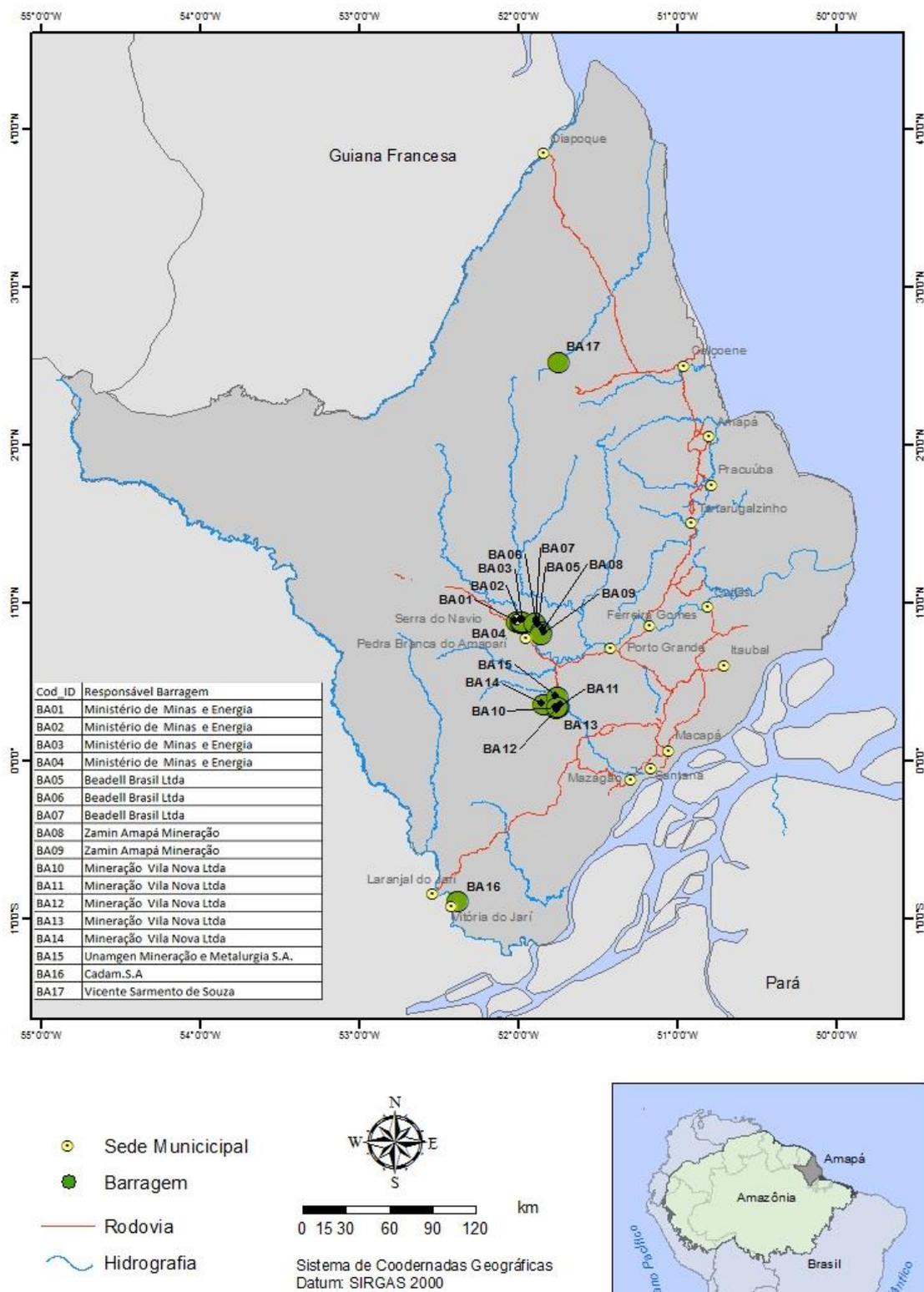
O município que apresenta a maior concentração de barragens é o de Mazagão, com totalizando seis barragens, a maioria da Mineração Vila Nova, seguido por Pedra Branca do Amapari com cinco e Serra do Navio com quatro.

Tabela 4 - Barragens de Rejeito por Município

Município	Responsável pela Barragem	Quantidade de Barragem
<b>Mazagão</b>	Mineração Vila Nova Ltda	5
	Unagem Mineração e Metalurgia S.A.	1
<b>Oiapoque</b>	Vicente Sarmiento de Souza	1
<b>Pedra Branca do Amapari</b>	Beadell Brasil Ltda	3
	Zamin Amapá Mineração	2
<b>Serra do Navio</b>	Ministério de Minas e Energia	4
<b>Vitória do Jari</b>	Cadam.S.A	1

Fonte: Autora (2021)

Mapa 2 - Localização das Barragens de Rejeito no Estado do Amapá



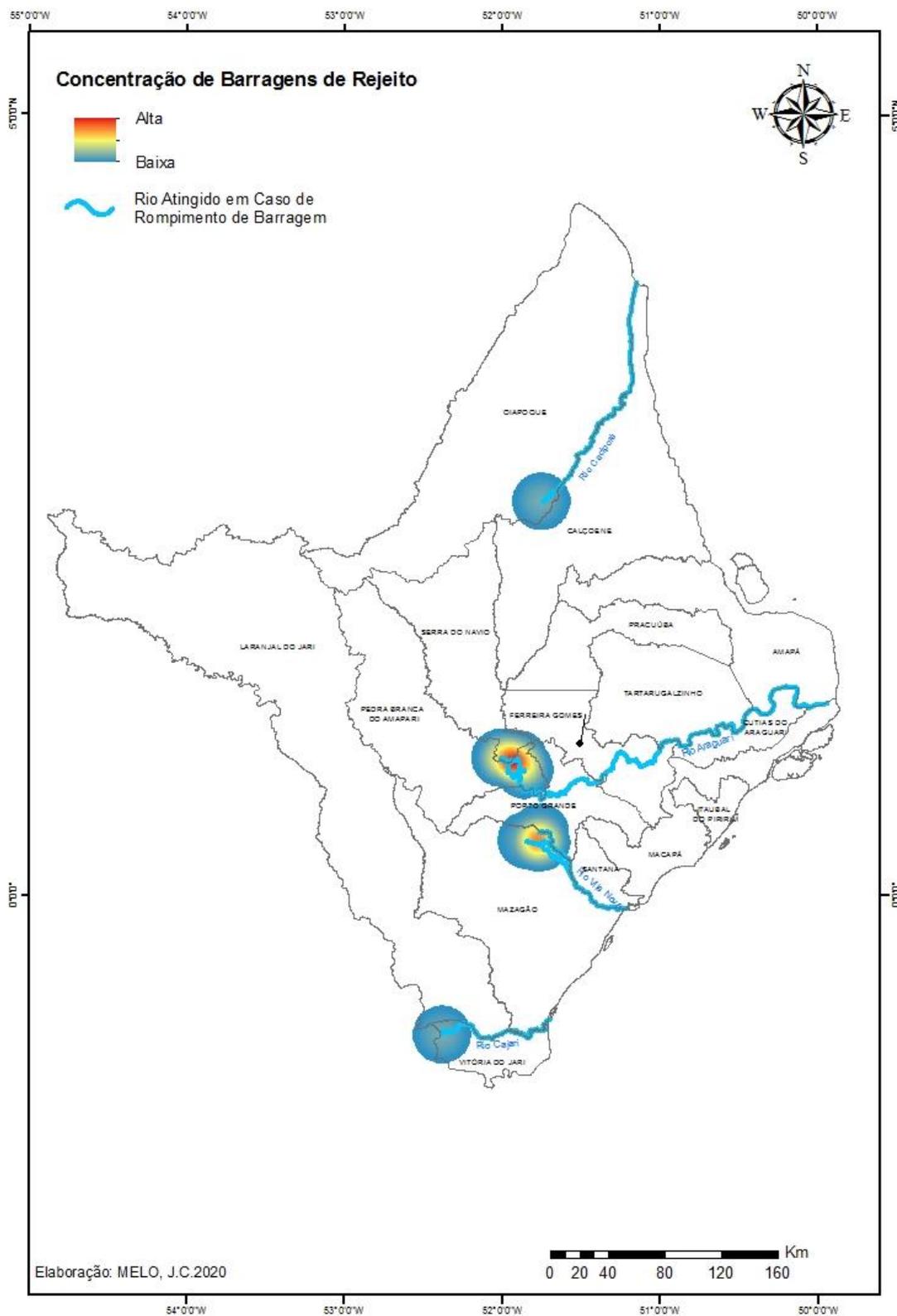
Fonte: SEMA (Rodovia e Hidrografia);ESRI (Países); IBGE(Sedes Municipais)  
 MELO, J.C.2020 (Barragem de Rejeito)



Execução: MELO, J.C. 2020

Fonte: Autora (2020)

Mapa 3 - Concentração das Barragens de Rejeito no Estado do Amapá



Fonte: Autora (2020)

### 4.3 Estimativa de Áreas das Bacias de Rejeito

As 17 bacias de rejeito estudadas possuem área que variam entre 16,4 m<sup>2</sup> e 738,9 m<sup>2</sup> (Tabela 5). E somam área total aproximada de 2.900 m<sup>2</sup>, sendo a Zamin Amapá Mineração a responsável pela maior área total de bacias de rejeito (Mapa 4).

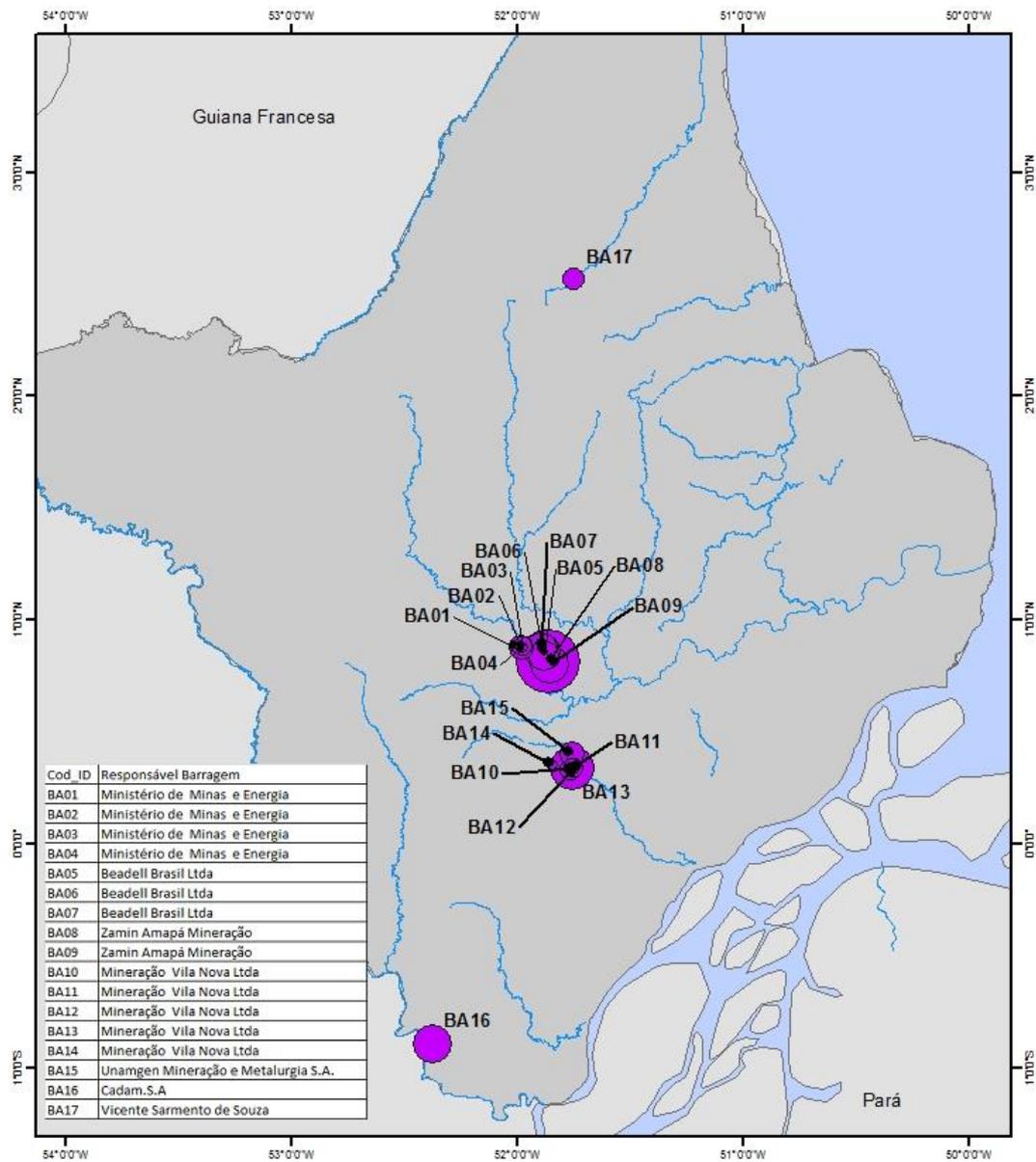
Tabela 5 - Área das barragens de Rejeito

Responsável	Nome Barragem	Área Barragem (m <sup>2</sup> )	Área total por responsável
<b>Zamin Amapá Mineração</b>	Barragem Mário Cruz	738.880,26	1.032.666,94
	-	293.786,68	
<b>Beadell Brasil Ltda</b>	Barragem Nort Mill Pond	231.646,25	602.590,13
	Barragem Leste Construção	202.482,38	
	Barragem Tap D	168.461,50	
<b>Mineração Vila Nova Ltda</b>	Barragem Mineração Vila Nova	359.916,69	559.734,62
	-	89.474,40	
	Barragem 2 Mineração Vila Nova	66.351,05	
	Barragem 1 Mineração Vila Nova	27.525,71	
	Barragem Samaca	16.466,77	
<b>Cadam.S.A</b>	Barragem da Cava	279.060,52	279.060,52
<b>Ministério de Minas E Energia</b>	-	108.799,13	218.801,40
	Barragem Sentinela Icomi Jusante	65.618,98	
	Barragem Sentinela Icomi	24.224,91	
	Barragem Sentinela Icomi	20.158,38	
<b>Unangem Mineração e Metalurgia S.A.</b>	Barragem Vila Nova Unagem	110.922,08	110.922,08
<b>Vicente Sarmiento de Souza</b>	Barragem 1	94.225,52	94.225,52
Área total		<b>2.898.001,21</b>	<b>2.898.001,21</b>

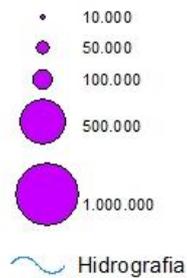
Fonte: Autor (2021)

No mapa 4 é possível visualizar a diferença das áreas entre as bacias de maneira proporcional, sendo que o tamanho do círculo correspondente à área de cada uma. Observa-se que a maior bacia de rejeito (Barragem Mário Cruz) está localizada ao centro do Estado.

Mapa 4 - Área da Bacia de Rejeito



Área da Bacia Rejeito (m²)



Sistema de Coodernadas Geográficas  
Datum: SIRGAS 2000



Execução: MELO, J.C. 2021

Fonte: SEMA (Hidrografia)  
MELO, J.C. 2020 (Bacia de Rejeito)

Fonte: Autora (2021)

#### 4.4 Bacias Hidrográficas com Bacias de Rejeito

Foram identificadas 4 bacias hidrográficas com barragens de rejeito em seu interior (Tabela 6 e Mapa 5).

Tabela 6 - Bacias Hidrográficas com Barragem

Bacia Hidrográfica	Responsável pela Barragem	Quantidade de Barragem
<b>Rio Caciporé</b>	Vicente Sarmiento de Souza	1
<b>Rio Araguari</b>	Ministério de Minas e Energia	4
	Beadell Brasil Ltda	3
	Zamin Amapá Mineração	2
<b>Rio Vila Nova</b>	Mineração Vila Nova Ltda	5
	Unagem Mineração e Metalurgia S.A.	1
<b>Rio Cajari</b>	Cadam.S.A	1

Fonte: Autora (2021)

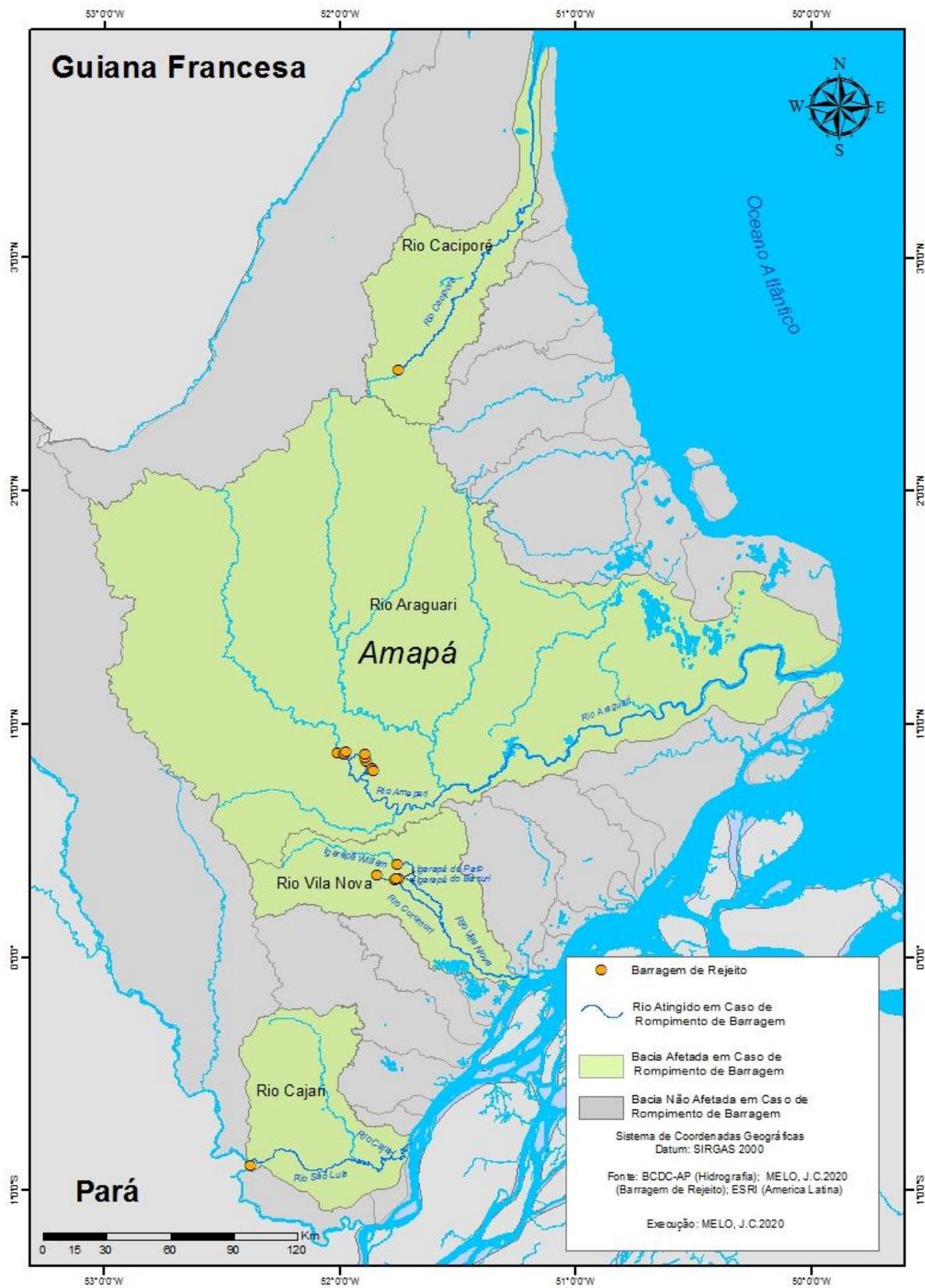
A Bacia hidrográfica com maior quantidade de Bacias de Rejeito em seu interior é a Bacia do Rio Araguari. Sendo esta a maior bacia hidrográfica do estado do Amapá, com grande importância econômica, social e ecológica (LOPES,2015).

As demais bacias são importantes também, uma vez que estas hidrografias são fontes econômicas para a localidade que faz uso e necessita dos seus recursos naturais.

É importante ressaltar que há presença de três grandes barragens de acúmulo de água no trecho do rio Araguari, das hidrelétricas Coaracy Nunes, Cachoeira Caldeirão e Ferreira Gomes Energia.

Estas hidrelétricas encontram-se à jusante de algumas barragens de rejeito e, caso ocorra rompimento destas, seus reservatórios podem servir como obstáculos no escoamento e velocidade dos rejeitos, podendo também ser afetadas em virtude de uma descarga maior desse material, e ter os seus reservatórios contaminados.

Mapa 5 - Bacia Hidrográfica com Barragem de Rejeito



Fonte: Autora (2020)

#### 4.5 Trecho Potencialmente Afetado (TPA) - Entorno de 100 metros ao longo da Hidrografia

Os trechos potencialmente afetados (TPA) somam aproximadamente 196.046 m<sup>2</sup> às margens dos rios que poderão ser afetados em caso de rompimento das barragens.

Os impactos causados por possíveis rompimentos de barragens de rejeitos no Amapá, poderão impactar diferentes ecossistemas considerando o local do desague final das bacias hidrográficas atingidas, uma vez que foi notado que os trechos afetados desaguam no Oceano Atlântico, no Canal norte do rio Amazonas e na região da Foz do Amazonas.

#### 4.6 Elementos inseridos no TPA

##### 4.6.1 Hidrografia afetada

Aproximadamente 842.560 m de rios e igarapés estão sujeitos aos impactos de rompimento de barragem de rejeito no Estado do Amapá (Tabela 7).

Tabela 7- Drenagem Afetada

Nome	Extensão Afetada (m)
<b>Igarapé do Bacuri</b>	6.207
<b>Igarapé do Pato</b>	1.435
<b>Igarapé William</b>	10.663
<b>Rio Amapari</b>	16.225
<b>Rio Araguari</b>	290.668
<b>Rio Caciporé</b>	237.559
<b>Rio Cajari</b>	68.685
<b>Rio Curumuri</b>	43.001
<b>Rio São Luís</b>	46.655
<b>Rio Vila Nova</b>	121.462

Fonte: Autora (2020)

Os corpos de água atingidos são de extrema importância para o Estado, principalmente os rios, pois desempenham um papel importante no setor econômico, como as atividades pesqueiras e transporte hidroviário (BRASIL ESCOLA,2019). Caso venha a romper uma dessas barragens, poderá causar grandes impactos ambientais e econômicos para quem depende diretamente e indiretamente dos recursos que os mesmos oferecem.

#### 4.6.2 Unidades Habitacionais afetadas

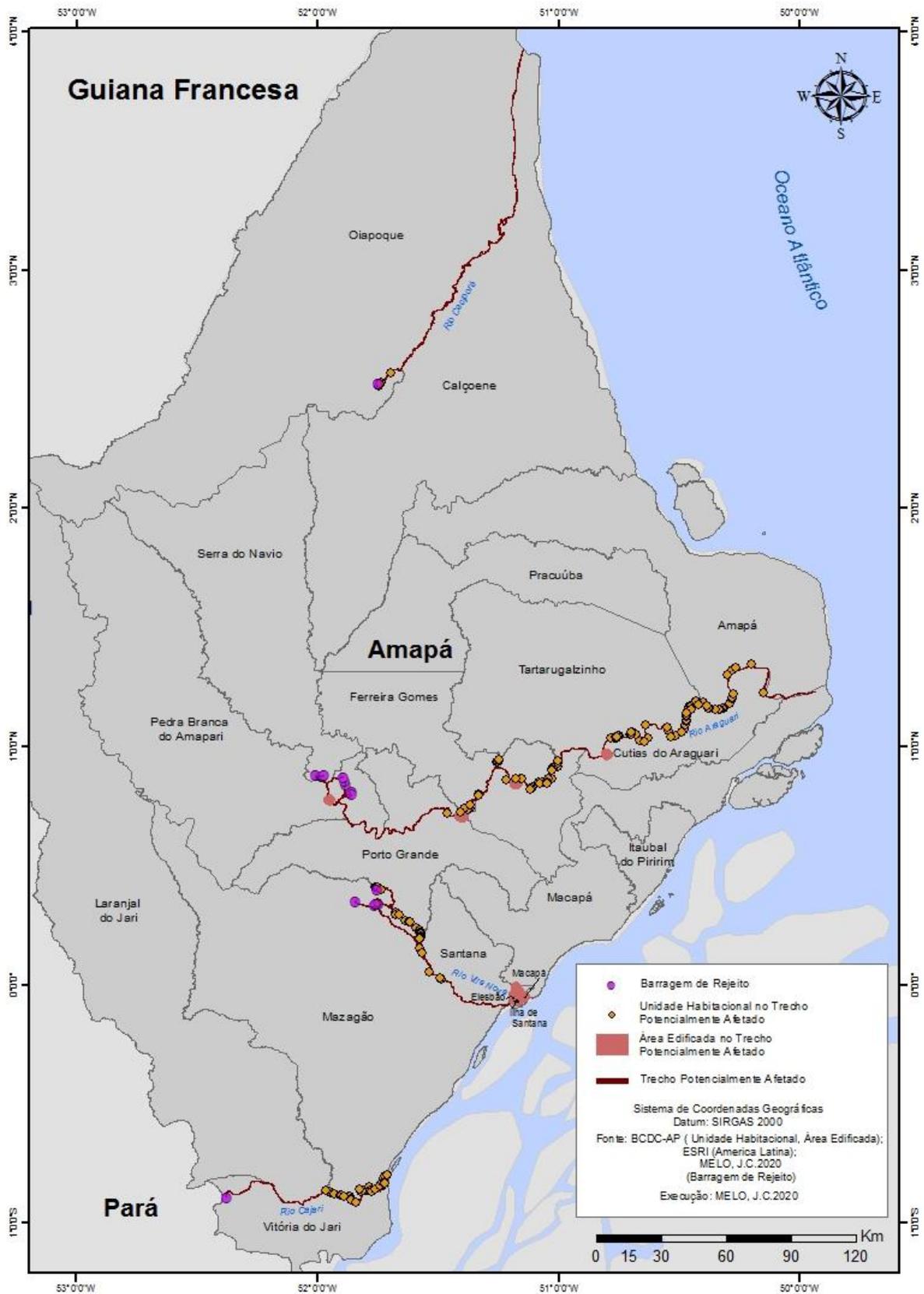
Com as análises realizadas foram identificados elementos que poderão ser afetados direta ou indiretamente em até 100 metros às margens dos rios e igarapés que compõem o percurso que o rejeito fará, desde a barragem até a foz da respectiva Bacia Hidrográfica, em caso de rompimento.

No caso de Unidades Habitacionais, 193 feições de Tipo casa, sendo 24 identificadas como retiros, sítios e fazendas localizam-se no Trecho Potencialmente Afetado (Mapa 6).

Nas áreas edificadas, que são concentrações de áreas construídas como: cidades, aglomerado rural, localidades (ET-ADGV, 2011). 10 feições encontram-se no Trecho Potencialmente Afetado: 1 em Cutias do Araguari, 2 no Elesbão, 1 em Ferreira Gomes, 1 Ilha de Santana, 1 em Macapá, 1 em Pedra Branca do Amapari, 1 em Porto Grande e 2 em Santana (Mapa 6).

O trecho potencialmente afetado portanto, irá abranger parte das sedes municipais desses locais. No caso da Ilha de Santana, esta poderá ser atingida devido a sua proximidade com a Foz do Amazonas, podendo sofrer uma possível contaminação da água a partir da descarga de rejeitos.

Mapa 6 - Unidades Habitacionais afetadas



Fonte: Autora (2020)

#### 4.6.3 Áreas Protegidas afetadas

Observou-se que cinco Unidades de Conservação do Estado do Amapá poderão ser afetadas em caso de rompimento de barragem (Mapa 7). São estas:

Floresta Estadual do Amapá (Módulos I,II,III e IV) - FLOTA, Reserva Extrativista do Rio Cajari, Reserva Particular do Patrimônio Natural Seringal Triunfo , sendo UCs de Uso Sustentável.

Reserva Biológica do Lago Piratuba – REBIO do Lago Piratuba e Parque Nacional do Cabo Orange – PARNA do Cabo Orange, ambas UC de Proteção Integral (Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (2000).

A Resex Cajari, UC de Uso Sustentável, pode ser afetada em sentido leste oeste, na região do Baixo e Médio Araguari. No local existe moradores extrativistas, que extraem grande variedades de produtos, como castanha-do-brasil, açaí, palmito, copaíba, andiroba e vendem estes produtos para obterem uma fonte de renda (FUNI, 2009).

O rio Cajari é um dos rios mais importantes desta UC, servindo como via de acesso e fonte de água e alimentos para seus moradores.

A RPPN Seringal Triunfo é uma UC pequena, com formato estreito acompanhando o rio Araguari em todo seu limite Sul e Leste. Isto a deixa na posição de UC proporcionalmente mais afetada.

Como pode ser observado, as distintas UCs são afetadas, sendo uma predominantemente em área de floresta de terra firme (FLOTA), uma em área de cerrado (Seringal) e três que abrangem áreas costeiras, incluindo os campos inundáveis (REBIO do Lago Piratuba, Cabo Orange e RESEX Cajari).

Na REBIO do Lago Piratuba a existem extensos manguezais cobrindo a faixa litorânea, desde a margem esquerda da foz do rio Araguari, no limite sul, até seu limite norte. No PARNA Cabo Orange o manguezal estende-se ao longo da faixa litorânea que vai da foz do rio Cunani ao Cabo Orange (Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá, 2008).

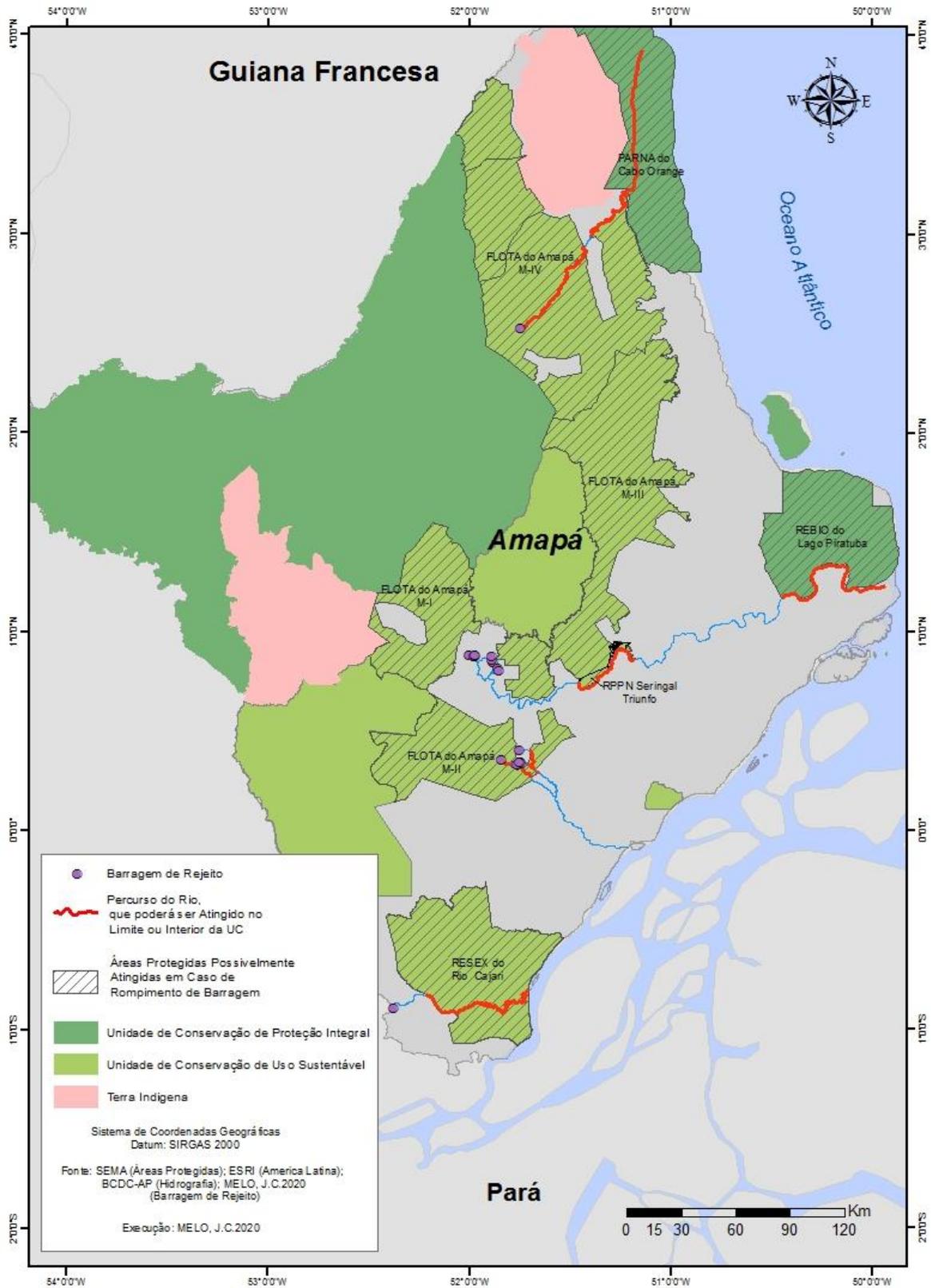
No caso RESEX Cajari, em seu interior apresenta floresta de igapó, por permanecer inundada maior parte do ano (Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá, 2008).

Baseado no resultado desta análise e sabendo da importância destas UCs é possível abrir um questionamento a respeito do dano ambiental que poderia ser causado em caso de rompimento de barragens que estão próximas destas Unidades.

Para Fonseca (2019) seria pouco significativo o dano ambiental para as barragens no Estado do Amapá, porém com tudo que foi mostrado e verificado nesta pesquisa, entra em conflito com esta afirmação, pois, como seria possível o dano ambiental ser pouco significativo, uma vez que a maioria das barragens do AP estão inseridas próximas dessas Ucs. E caso ocorra um rompimento, estas serão bastante afetadas e o impacto não só ambiental como social será grande, portanto não se enquadrando na classificação feita pela Autora, mas sendo seu dano ambiental significativo.

Pois na Lei Nº 12.334/2010 (PNSB) quando classifica quanto ao Dano Potencial Associado – DPA, no item de Impacto Ambiental, referente à classificação “pouco significativo” consta: “área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluída APP e armazena apenas resíduos Classe IIB”. Portanto, no caso do Amapá não podendo ser classificada neste item, pois apresenta Áreas protegidas que podem ser afetadas.

Mapa 7 - Áreas Protegidas que podem ser Atingidas em Caso de Rompimento de Barragem



Fonte: Autora (2020)

#### 4.6.4 Vias de acesso afetadas

As estruturas de transporte que podem ser afetadas em caso de rompimento de barragem, somam 443 feições, divididas em 75 arruamentos, 3 de pistas de pouso, 8 pontes, 158 travessias de pedestre, 8 trechos ferroviários, 188 trechos rodoviários e 1 trilha picada (Mapa 8).

A denominação das feições/estruturas está de acordo com a ET-ADGV.

Por exemplo, a travessia de pedestre se refere às estruturas construídas que permitem a transposição por pedestre, a maioria corresponde às passarelas em palafitas, que também são denominadas localmente como “pontes”.

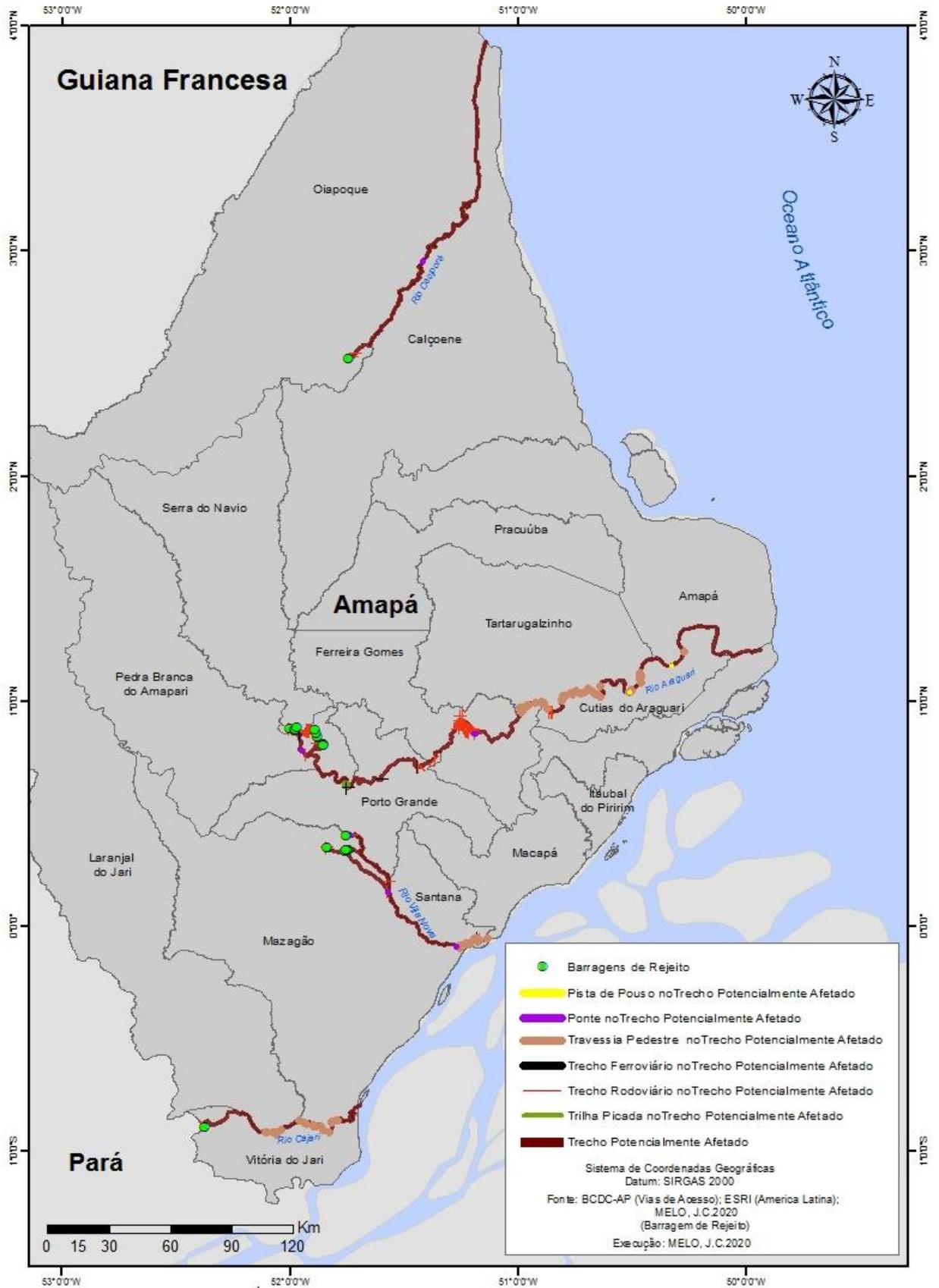
A quantidade corresponde a quantas vezes determinada estrutura se intersecta ou é abrangida pelo Trecho Potencialmente Afetado. Assim, trechos ferroviários, por exemplo, correspondem à quantas vezes a ferrovia se intersecta com o TPA.

É possível notar que a maioria das travessias de pedestre abrangidas pelo TPA estão inseridas no município de Tartarugalzinho, seguido por Vitória do Jari e Santana. Pode ser observado que essas travessias, estão próximas de rios, sujeitas à inundação, como pontes em área de ressaca no caso de Macapá, e palafitas nos outros municípios.

Demonstrando que a população mais vulnerável, de baixa renda, os ribeirinhos, poderão ser afetados, em caso de um possível rompimento.

As principais rodovias como BR-210 e BR-156 podem também ser afetadas, bem como as pontes que interligam as cidades de Santana e Mazagão.

Mapa 8 - Vias de Acesso que podem ser Atingidas em Caso de Rompimento de Barragem



Fonte: Autora (2021)

#### 4.6.5 Estruturas Administrativas e Socioeconômicas afetadas

Foram identificadas e quantificadas as estruturas associadas à administração, educação, saúde, abastecimento e saneamento básico, energia e comunicação, corpos hídricos, economia e transporte contidas no TPA.

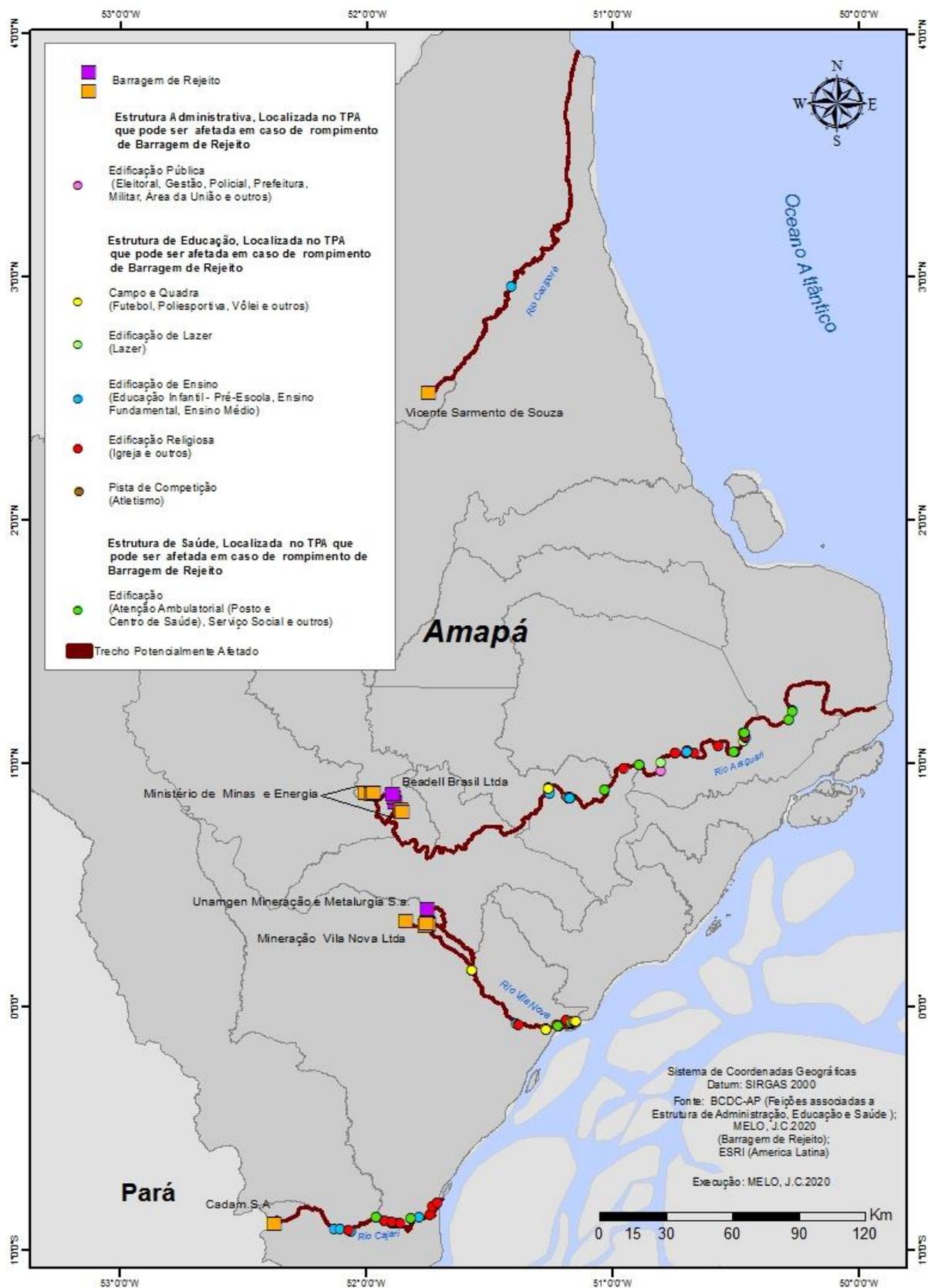
##### 4.6.5.1 Estrutura Administrativa, Saúde e Educação localizadas no TPA

Nas estruturas administrativas, educativas e de saúde 117 elementos foram aferidos (Mapa 9), sendo 16 edificações administrativas civis, 85 associadas à educação, distribuídas em áreas de lazer, edificações religiosas e de ensino; e 16 estruturas relacionadas à saúde.

Instituições religiosas e centros de atendimento de saúde podem ser fortemente afetadas, nos municípios de Tartarugalzinho, Mazagão e Vitoria do Jari. Já áreas relacionadas a atividades esportivas e estruturas de ensino podem ser afetadas em Ferreira Gomes e Mazagão.

Em relação às feições inseridas no TPA, as estruturas que podem ser mais afetadas são de educação e saúde, que novamente evidencia a proximidade de pessoas, da área urbana próxima desses trechos, o que é agravante, uma vez que se trata de vidas humanas que podem impactadas.

Mapa 9 - Estruturas administrativas, educativas e de saúde



Fonte: Autora (2020)

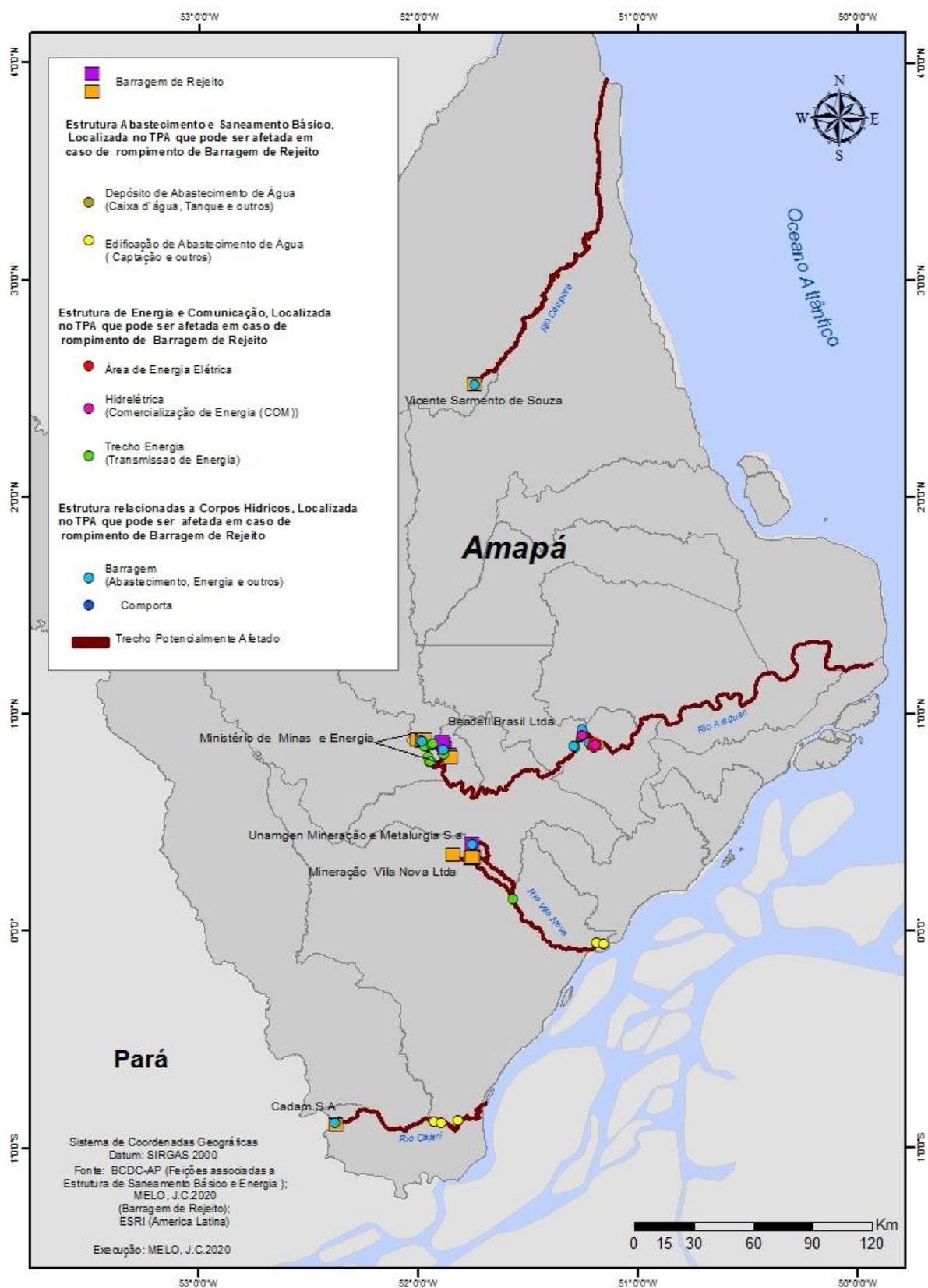
#### 4.6.5.2 Estruturas de Energia, Comunicação, Abastecimento e Saneamento Básico e associada aos Corpos Hídricos localizadas no TPA

Quanto às estruturas pertencentes ao abastecimento e saneamento básico 13 foram detectadas, 29 estruturas de trecho de energia e comunicação e 14 associadas aos corpos hídricos (Mapa 10).

Em relação às estruturas de abastecimento de água é possível notar que em Vitória do Jari, pontos de captação podem sofrer contaminação oriunda de rejeitos, em caso de possível rompimento de barragem.

E vale ressaltar que as três grandes usinas hidrelétricas, Coaracy Nunes, Cachoeira Caldeirão e Ferreira Gomes Energia que estão inseridas nesse trecho do rio Araguari e no TPA, poderão ser afetadas em caso de rompimento e despejo de grande volume de rejeito, podendo contaminar seus reservatórios, pois estão à jusante de barragens de rejeito.

Mapa 10 - Estruturas pertencentes ao Abastecimento e Saneamento básico, Energia e Comunicação



Fonte: Autora (2020)

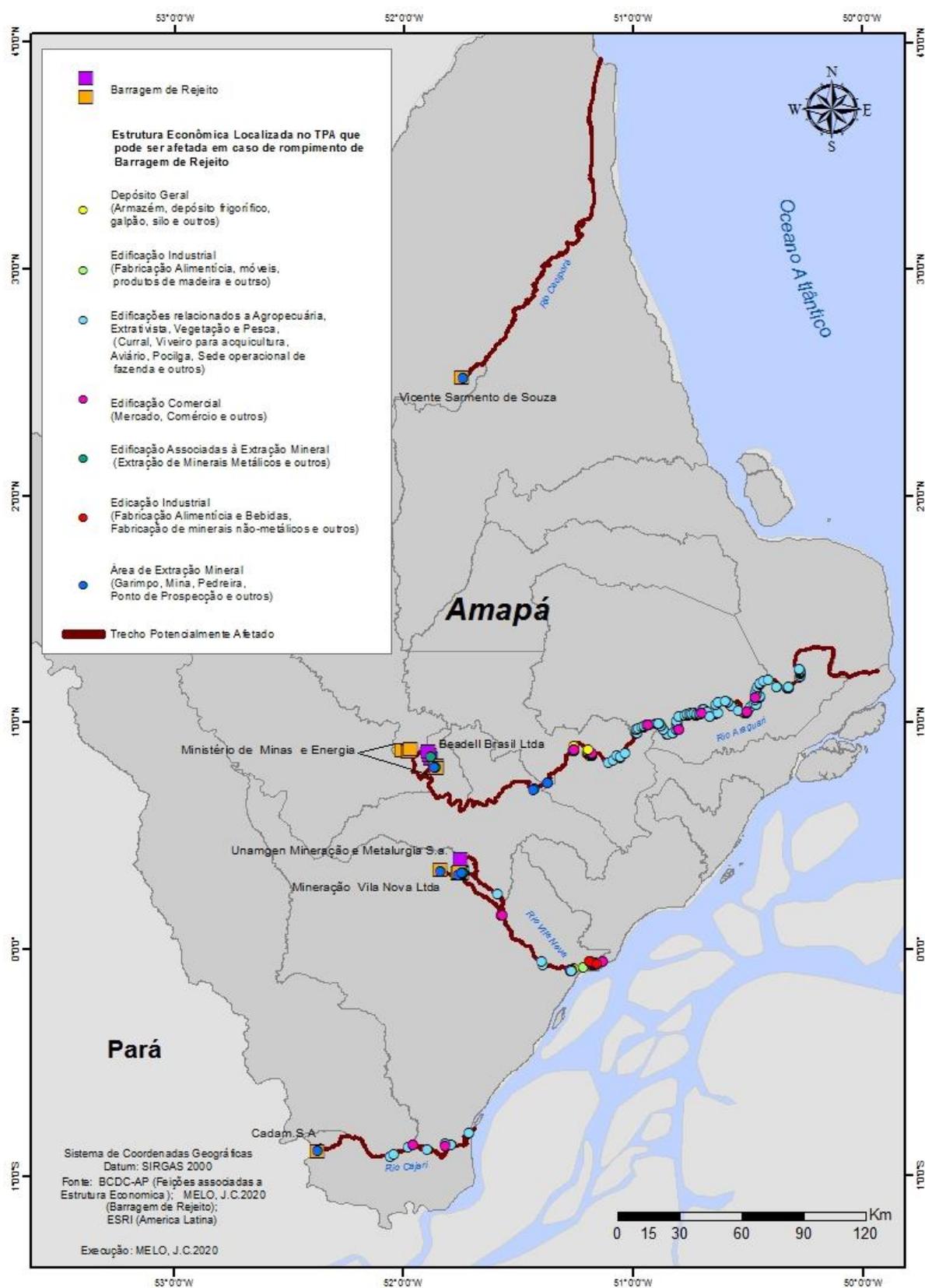
#### 4.6.5.3 Estrutura Econômica localizada no TPA

Nas estruturas econômicas 306 foram verificadas, distribuídas em depósito geral, edificações industriais, agropecuárias, comerciais e de extração mineral (Mapa 11).

Edificações agropecuárias e extrativistas podem ser fortemente afetadas no Município de Tartarugalzinho e Vitória do Jari, como pode ser observado no mapa. Como se sabe, esses locais são conhecidos pela prática dessas atividades, principalmente o extrativismo realizado em Vitória, oriundo da RESEX Cajari.

Sem falar que nestas estruturas econômicas estão inseridas as atividades de exploração mineral, e são delas que se originam os rejeitos, as bacias de rejeito deste trabalho e logo as áreas que em caso de rompimento serão as primeiras a serem afetadas.

Mapa 11 - Estruturas Econômicas



Fonte: Autora (2020)

#### 4.6.5.4 Estrutura de Transporte localizada no TPA

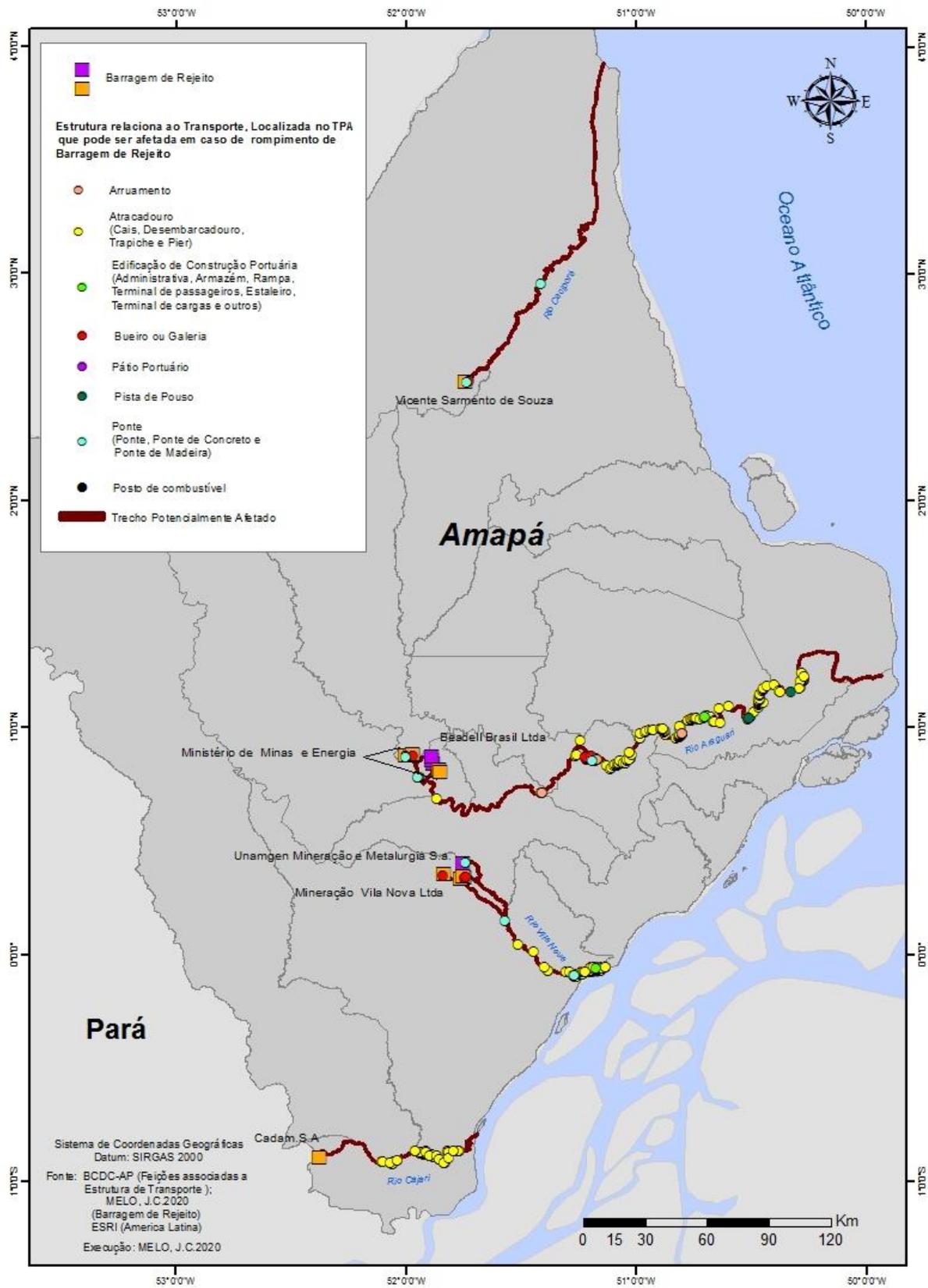
Foram observadas 837 estruturas de transporte, distribuídas entre atracadouros, edificações portuárias, pontes e posto de combustível (Mapa 12).

Na maioria dos TPAs é visível que a estrutura atracadouro é bastante frequente, e a maioria das feições deste tema é da classe de trapiche.

Isso devido a passagem de rios como o Araguari, Vila Nova e Cajari, pelos municípios de Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Cutias, Amapá, Mazagão, Santana e Vitória do Jari. Estes rios servem como via de transporte hidroviário e, conseqüentemente, propiciam a construção dessas estruturas para “atracar” as embarcações que por eles navegam.

Esses atracadouros devido à sua localização ser próxima aos corpos d'água, são extremamente vulneráveis aos impactos da passagem do rejeito.

Mapa 12 - Estruturas de Transporte



Fonte: Autora (2020)

#### 4.7 Banco de Dados Geográfico – Barragens AP

Durante esse processo de pesquisa e das análises realizadas, foram utilizados e gerados arquivos em formato *shapefile* sobre as barragens de rejeito mineral do Estado do Amapá (Tabela 8).

Tabela 8 - Arquivos *Shapefiles* utilizados

Nome Arquivos(SHP)	Fonte	Características	Arquivo Gerado neste Trabalho (SHP)
Hidrografia - Bacia_Hidrografica Trecho_Massa_Dagua Trecho_Drenagem Barragem	BCDC-AP	Representa o conjunto das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos, naturais ou artificiais, emersos ou submersos, contidos nesse ambiente.*	
Sistema de Transporte - Trecho_Rodoviario Travessia Galeria_Bueiro Entroncamento Ponte Estrut_Transporte Estrut_Apoio Edif_Rodoviaria Trilha_Picada Ciclovia Arruamento Travessia_Pedestre Trecho_Ferrovuario Complexo_Aeroportuario Pista_Ponto_Pouso Edif_Constr_Aeroportuaria Complexo_Portuario Edif_Constr_Portuaria Atracadouro Posto_Combustivel *	BCDC-AP	Conjunto de sistemas destinados ao transporte e deslocamento de carga e passageiros, bem como as estruturas de suporte ligadas a estas atividades.*	
Energia e Comunicações -Area_Energia_Eletrica Hidreletrica Trecho_Energia *	BCDC-AP	Representa as estruturas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia, bem como as de comunicação.*	
Abastecimento de água e saneamento básico - Dep_Abast_Agua Edif_Abast_Agua *	BCDC-AP	Conjunto de estruturas associadas à captação, ao armazenamento, ao tratamento e à distribuição de água, bem como as relativas ao saneamento básico.*	
Educação e Cultura - Edif_Religiosa Edif_Const_Lazer Campo_Quadra Pista_Competicao Edif_Ensino *	BCDC-AP	Categoria que representa as áreas e as edificações associadas à educação e ao esporte, à cultura e ao lazer.*	
Estrutura Econômica - Edif_Comerc_Serv Deposito_Geral Edif_Industrial Area_Ext_Mineral Edif_Agropec_Ext _Vegetal_Pesca Edif_Industrial *	BCDC-AP	Representa as áreas e as edificações onde são realizadas atividades para produção de bens e serviços que, em geral, apresentam resultado econômico.	
Administração Pública - Edif_Pub_Civil *	BCDC-AP	Representa as áreas e as edificações onde são	

		realizadas as atividades inerentes ao poder público.	
Saúde e Serviço Social - Edif_Saude *	BCDC-AP	Categoria que representa as áreas e as edificações relativas ao serviço social e à saúde.*	
Localidades - Cidade Aglomerado_Rural_ De_Extensão_Urbana Area_Urbana_Isolada Area_Edificada Area_Habitacional Edif_Habitacional Edificacao *	BCDC-AP	Representa os diversos tipos de concentração de habitações humanas.*	
Limites - Pais Municipio Unidade_Conservacao_Snuc Unidade_Protecao_Integral Terra_Indigena *	BCDC-AP	Representa os distintos níveis político- administrativos e as áreas especiais; áreas de planejamento operacional, áreas particulares (não classificadas nas demais categorias), bem como os elementos que delimitam materialmente estas linhas no terreno.*	
HIDROGRAFIA_POT_ATINGIDA	BCDC-AP/Autor	Hidrografia que pode ser atingida em caso de rompimento de barragem	X
BAR_REJ_AP_LIN_utm_22S	BCDC- AP/IMAP/ANM/Autor	Identificação do dique através da feição de linha	X
BAR_REJ_AP_POL	BCDC-AP/IMAP	Área da barragem vetorizada	X
Barragem_Rejeito_AP	BCDC-AP/IMAP	Feição de pontos da localização das barragens	X
AREA_EMERGENCIAL_5KM	Autor	Área considerada de perigo em um raio de 5km da barragem de rejeito	X
VIAS_ACESSO_ATING	BCDC-AP	Transporte que podem atingido em caso de rompimento de barragem	X
Barragens_25k	BCDC-AP	Barragens Amapá	
BARRAGENS_N_INCLUIDAS_PNSB	ANM	Barragens não incluídas na Política Nacional de Segurança de Barragem	
BARRAGENS_S_INCLUIDAS_PNSB	ANM	Barragens incluídas na Política Nacional de Segurança de Barragem	
CONC_LAVRA	ANM	Processo de Concessões de Lavra no Amapá	
PROCES_MINERARIOS_DNPM	ANM	Processo Minerais no Amapá	
AREA_EDIFICADA	BCDC-AP	Área edificada Amapá	X
AREA_EDIFICADA_100_M	BCDC-AP/Autor	Área edificada a 100 m de trecho da barragem	X
AREAS_PROTEGIDAS_UTM_22S	SEMA/Autor	Unidades de Conservação do Amapá	X
BACIA_HIDROGRAFICA_UTM22S	SEMA/BCDC-AP/Autor	Bacia hidrográfica do Amapá	X
BACIAS_COM_BARR	SEMA/BCDC-AP/Autor	Bacia hidrográfica com Barragem em seu interior	X
Barragem_Agua_utm_22S	BCDC-AP/Autor	Barragens de conexão de Água Amapá	X
Base_Area_100m_utm_22S	BCDC-AP/Autor	Feições de área de Estrutura Econômica, educação, saúde,	X

		saneamento básico, energia e comunicação, administração a 100m	
Base_Linha_100m_utm_22S	BCDC-AP/Autor	Feições de linha de Estrutura Econômica, educação, saúde, saneamento básico, energia e comunicação, administração a 100m	X
Base_Ponto_100m_utm_22S	BCDC-AP/Autor	Feições de ponto de Estrutura Econômica, educação, saúde, saneamento básico, energia e comunicação, administração a 100m	X
ponto_area_linha_geral	BCDC-AP/Autor	Feição geral de Estrutura Econômica, educação, saúde, saneamento básico, energia e comunicação, administração	X
ELEM_ATINGIDOS_5KM_11_12_13_14_15	BCDC-AP/Autor	Elementos que podem ser atingidos em caso de rompimento de barragem em raio de 5km	X
TREC_MASS_AGUA_ATINGIDA	BCDC-AP/Autor	Massa d'água que pode ser atingida em caso de rompimento de barragem	X
TRECHO_POTENCIALMENTE_ATINGIDO_100M	Autor	Trecho Hidrografia que pode ser atingida em caso de rompimento de barragem	X
UNID_HABITACIONAL_100_M	BCDC-AP/Autor	Unidade Habitacional que pode ser atingida em caso de rompimento de barragem	X
UNID_HABITACIONAL *	BCDC-AP	Unidade Habitacional Amapá	

\*CONCAR/ET\_EDGV (2012).

Estes arquivos compõem um Banco de Dados Geoespacial sobre as bacias de rejeito do Amapá. Este banco de dados geográfico será futuramente disponibilizado em formato SQLite, para as Instituições UNIFAP e SEMA.

Isto possibilitará a realização de novas análises por outros usuários, os quais poderão optar por análises mais conservadoras (buffer de 10 metros por exemplo) ou mais abrangentes (buffer de 1 km, por exemplo) para delimitar o TPA.

Esse BDG poderá auxiliar usuários para gestão, pesquisas e consultas futuras.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias para realização da caracterização das Bacias de Rejeito no Amapá, possibilitou visualizar o cenário atual desta situação. O uso dessas ferramentas pode auxiliar em tomada de decisões, estudo detalhado de um local e monitoramento de áreas.

Após os acidentes das barragens de rejeito mineral, da Samarco em Mariana e Vale em Brumadinho, as atenções se voltaram acerca da segurança dessas estruturas e as fiscalizações se intensificaram nos locais onde localizam-se esses barramentos.

Com isso, mais informações foram levantadas a respeito dessas estruturas em Órgãos Responsáveis pelo monitoramento e fiscalização no Amapá. No IMAP foram repassados dados de 23 barragens, na ANM 12 e arquivo shapefile da BCDC-AP 84 feições caracterizadas como barragens. Porém ao final das pesquisas, confrontação de dados e análises realizadas neste trabalho, apenas 17 barragens de rejeito foram consideradas neste estudo.

É importante ressaltar que não foi realizado trabalho de campo nem visita às empresas. Todas as informações foram obtidas a partir de visitas aos órgãos ambientais (IMAP e SEMA), arquivos digitais oficiais (BCDC e ANM) e sensoriamento remoto.

Com as análises realizadas para estas barragens, foi possível observar os grandes impactos que podem ocorrer caso ocorra um rompimento. Áreas Protegidas, bacias hidrográficas e estruturas importantes podem ser fortemente afetadas, assim como vidas humanas, pois foi evidenciado que na maioria das análises áreas urbanas estavam próximas dos TPAs, o que serve de alerta para os Órgãos que tratam da fiscalização desses empreendimentos.

As informações a respeito das bacias de rejeitodo Estado do Amapá ainda são muito escassas, seja na literatura ou nos Órgãos responsáveis. A dificuldade é grande para se encontrar dados mais consistentes e detalhados a respeito deste assunto, havendo ainda conflito de informações sobre a quantidade e localização das barragens existentes no Estado.

O Estado do Amapá necessita de um cadastro das barragens com informações mínimas, que possibilitem aos órgãos fiscalizadores o devido monitoramento destas barragens e que sirvam de orientação para que a defesa civil consiga agir adequadamente em ocorrência de acidentes. O cadastro também

proveria informações mais acessíveis para a sociedade que tenha interesse em realizar pesquisas e estudos mais aprofundado no assunto.

No caso de rompimento das barragens de contenção de rejeitos, a situação é grave, pois, além de causar inundação, pode ocasionar a contaminação dos corpos de água que receberem seus conteúdos, justificando uma atenção maior para prevenção de possíveis impactos ambientais e econômicos.

Com este cenário, a tomada de decisão por parte dos órgãos públicos executores das atividades de monitoramento e fiscalização de segurança de barragens torna-se ainda mais desafiador, pois a falta de informação impede que se faça planejamentos preventivos ou monitoramento adequado.

Desta forma, o trabalho proposto visa auxiliar como ferramenta de apoio aos Órgãos tomadores de decisão, de modo que as decisões não se ajustem apenas nos empreendimentos, mas sim levando em consideração as condições dessas estruturas e a sua relação com os aspectos socioambientais relevantes.

Como apoio para este trabalho, dados da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDC-AP, foram muito úteis, para realização das análises, uma vez que a mesma possui uma gama de informações que podem ser utilizadas como estratégias, como por exemplo: informações relacionadas à saúde, transporte, educação, saneamento básico, economia, administração.

No trabalho foram utilizadas as feições demonstradas nas etapas anteriores. Como Hidrografia, Sistema de Transportes, Energia e Comunicação, Abastecimento de Água e Saneamento Básico, Educação e Cultura, Estrutura Econômica, Localidades, Administração Pública, Saúde e Serviço Social, e podem ser consultadas nas especificações ET-EDGV (2012) e ET-ADGV (2011) para mais detalhes das informações que vêm inseridas na tabela de atributos desses arquivos e que acompanham o Banco de Dados deste trabalho em seus atributos também.

Vale ressaltar que não foi verificado o que está na Zona de Autossalvamento – ZAS, neste trabalho, pois a normativa não é clara em relação à distância que os elementos deveriam estar do leito do rio afetado, ou até qual altitude acima do leito do rio (meio metro, 2 metros, ...) poderia ser considerada área de inundação do vale. Ao final deste trabalho foi gerado um Banco de Dados Geográficos (BDG) das barragens de rejeito, contendo localização das barragens de rejeito, delimitação das

bacias de rejeito, feições que podem ser atingidas em caso de rompimento das barragens, etc..

Com isso, o BDG, permitirá a verificação do que está na ZAS adotando-se diferentes critérios de proximidade ou altitude, pelos usuários interessados em fazer análises futuras.

Lembrando que o BDG gerado neste trabalho não só permitirá a verificação nessas Zonas, mas poderá auxiliar os usuários que pretendem ingressar em estudo mais detalhado neste tema e como ferramenta de apoio para os Órgãos responsáveis por monitorarem e fiscalizarem essas atividades em campo.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Em função dos dados coletados, das análises realizadas, dos resultados obtidos e dos problemas observados no decorrer deste trabalho, recomenda-se:

- a) Elaboração do Cadastro das barragens com informações, como:
  1. Tipo de material depositado
  2. Presença de resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis,
  3. Tipo de barragem,
  4. Estimativa de produção mensal/anual,
  5. Pontos de descarga,
  6. Batimetria da barragem,
  7. Características geotécnicas da barragem,
  8. Data de construção da barragem,
  9. Volume da barragem e
  10. Altura do maciço

No início desse estudo, estas informações foram solicitadas aos órgãos locais, os quais, por sua vez, não as possuíam. Em contato com a ANM foi informado que as informações dos itens 2, 4, 5, 6, 7 e 8 não são contempladas no cadastro das barragens. Portanto, essas informações poderão ser obtidas somente com as empresas. Porém, acredita-se que no momento da fiscalização por parte dos órgãos fiscalizadores, essas informações possam ser solicitadas, para que se tenha um cadastro mais consistente e assim possibilitar análises mais robustas e planejamentos mais assertivos.

- b) Deve existir uma rotina de monitoramento que contemple todas as barragens, sejam elas grandes ou pequenas, ativas ou abandonadas. E, para se criar esta rotina o Estado deve ter total conhecimento de todas as bacias e barragens de rejeito existentes em seu território.
- c) É imprescindível que o Estado invista em capacitação para os funcionários que estão na linha de frente das atividades de monitoramento e fiscalização e invista em Recursos Humanos, pois foi observado que carece de mais analistas capacitados para atuarem nessa área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. G. GUIMARÃES FILHO AND P. BORBA. **Methodology for Land Mapping of Amapa State-A Special Case of Amazon Radiography Project**. IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Waikoloa, HI, USA, 2020, pp. 1540-1543, doi: 10.1109/IGARSS39084.2020.9324673.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Cadastro Nacional de Segurança de Barragens**. 2019. Disponível em: <http://www.ANM.gov.br/assuntos/barragens/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao>. Acesso em: 20 jun.2019

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Cadastro Nacional de Segurança de Barragens**. 2019. Disponível em: <http://www.ANM.gov.br/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao>. Acesso em: 24 jun.2019.

ANM . Agência Nacional de Mineração . **Cadastro Nacional de Segurança de Barragens. Classificação das Barragens de Mineração - data base 02/2019**.2019. Disponível em: <http://antigo.ANM.gov.br/portal/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/classificacao-oficial-ANM>. Acesso em: 20 jun.2019.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

ÁVILA, J.P. **Acidentes em barragens de rejeitos no Brasil**. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/ACIDENTES-EM-BARRAGENS-Joaquim-Pimenta-Pimenta-de-%C3%81vila-Engenharia.pdf>. Acesso em: 17 de dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Manual de segurança e inspeção de barragens**. Brasília. 2002.

BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**. 2010. Disponível em: <https://www.odmbrasil.gov.br>. Acesso em: 8 de set. 2019.

BRASIL, 2019. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm). Acesso em: 10 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 20 de setembro de 2020**: Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília, DF, 30 set. 2020.

BRASIL ESCOLA. **Aspectos Naturais do Amapá**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-amapa.htm>. Acesso em: 17 de dez. 2019.

BUSTAMANTE, M.M.C et al. **Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Desastre ambiental da barragem em Mariana/MG**. Embrapa Solos-Capítulo em livro científico (ALICE), 2019.

CAMARGOS, L. M. **Geoprocessamento aplicado na conformidade legal dos volumes de bacias de rejeitos de mineradoras**. Belo Horizonte. 2017.

CARRILHO, A.C. **Aplicação de Técnicas de Processamento e Análise de Imagens para Detecção de Edificações e Vegetação a partir de Dados Lidar**, 2016. Dissertação (Mestre em Ciências Cartográficas) - Programa de Pós Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP, p.20. Presidente Prudente.2016.

CHAGAS, M.A.A. **Conflitos, Gestão ambiental e o Discurso do Desenvolvimento Sustentável da Mineração no Estado do Amapá**, 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Desenvolvimento Socioambiental, pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, p.117-118. Belém. 2010.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012**. Disponível em:

<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/1922-resolucao-n-143-de-10-de-julho-de-2012/file>. Acesso em: 20 jun.2019.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria nº 70.389, de 17 de Maio de 2017**. 2017.

DRUMMOND, J. A; DE CASTRO DIAS, T. C. A; BRITO, D.M. C. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA/ICMBio, 2008.

Disponível em:

[http://www.mpap.mp.br/images/Atlas\\_das\\_Unidades\\_de\\_Conserva%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.mpap.mp.br/images/Atlas_das_Unidades_de_Conserva%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 15 mai. 2021.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2008.

Esri. **Using ArcMap: GIS by Esri**. Redlands – California - United States of America: Printed by Environmental Systems Research Institute, Inc., 2019.

ESPÓSITO, T.J; DUARTE, A.P. **Classificação de barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais em relação a fatores de risco. Ouro Preto**, 2010. Disponível em:

<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/502M.PDF>. Acesso em: 28 de abr. 2019.

EXÉRCITO BRASILEIRO E GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ. **Projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá**. Escala 1:25.000 e 1:50.000. 2014-2019.

FILHO, J.L. **Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica**. Viçosa, 2000. Disponível em:

<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/erisul2000cap5.pdf>. Acesso em: 28 de dez. 2019.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicações**. São Paulo, Oficina de textos, 2008, 5 p.

FONSECA, D. D. F. **Panorama das barragens de rejeito mineral dos estados do Pará e Amapá**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, p.65. Belém. 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21219>. Acesso em: 18 de mar. 2021.

Florenzano, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FRANCO, D.S.M. **Proposta De Metodologia Multicritério como Ferramenta para Formulação e Execução de Políticas Públicas para Barragens de Mineração e Indústria em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019**. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30704/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_100619\\_FINAL\\_IMPRESSAO.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30704/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_100619_FINAL_IMPRESSAO.pdf). Acesso em: 04 de fev. 2020

FREITAS, C.M; ASMUS, C.L.R. F; XAVIER, D.R; BARCELLOS, C; SILVA, M.A. **Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2019.v35n5/e00052519/>. Acesso em: 24 jun. 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Gestão de barragens de rejeitos e resíduos em Minas Gerais : histórico, requisitos legais e resultados**. Fundação Estadual de Meio ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>. Acesso em: 15 nov. 2020.

FUNI, C. **Padrões espaciais e temporais do desmatamento na Reserva Extrativista do Rio Cajari, Amapá, Brasil**. Unifap: Embrapa Amapá: Iepa, 2009.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2015. **Laudo Técnico Preliminar - Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias/noticias2015/laudo\\_tecnico\\_preliminar\\_ibama.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias/noticias2015/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf). Acesso em: 02 jan. 2020.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. 2016. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS. **Calculadora Científica**. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/calcula/>. Acesso em: 8 de set. 2019.

IMAP. INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DE ORDENAMENTO TERRITORIAL DO AMAPÁ. **Relatório Técnico Nº 001/2019-NAQ/IMAP**. Macapá, 2019.

LOPES, P. P. P. 2015. **Análise temporal de alterações morfológicas fluviais e seus impactos socioambientais no Baixo rio Araguari, Amapá**. Universidade Federal do Amapá.

LORENZZETTI, J.A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. Blucher, p.5, São Paulo, 2015.

LORENTZ, J.F; FONSECA, G.L; CINTRA, I.S. **Banco de Dados e Modelagem de Sistemas Ambientais: Uma Proposta De Otimização Do Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde Para O Município de Belo Horizonte – Mg**. IX Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – por uma gestão integrada e sustentável. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/02/371.pdf>. Acesso em: 17 de dez. 2019.

MASSIGNAM, J. **Tragédia de Brumadinho: o dano ambiental e a responsabilidade civil do Estado e da Empresa Vale**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Caxias do Sul – UCS, p.52. Nova Prata. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6284/TCC%20Juliana%20Massignam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 de abr. 2021.

MELGAÇO, L. M.; SOUZA FILHO, C. R.; STEINMAYER, M. **Comparação entre modelos digitais de elevação gerados por sensores ópticos e por radar**. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1215-1220.

DSG.Diretoria de Serviço Geográfico. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Brasília , 2011.

CONCAR. Comissão Nacional de Cartografia. **Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Brasília, v 2.1.3, 2012.

MONTEIRO, M. A. **Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional**. *Estudos avançados*, v. 19, p. 187-207, 2005.

NASCIMENTO E SILVA, L.C. **Barragens de rejeito na mineração – Análise do Sistema de Gestão do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro, Lumen Juris, p. 21, 2018.

NOVO, E.M.L.M; PONZONI, F.J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos. 2001. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR\\_DPI7.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf). Acesso em: 9 jun. 2019.

OLIVEIRA, M. J.D. **Diagnóstico do setor mineral do Estado do Amapá**. Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. Macapá, 2010. 152 p.

OLIVEIRA, M.J.D. **Mineração e Desenvolvimento no Amapá. Uma Análise sobre o Município de Pedra Branca do Amapari**. São Carlos: Pedro e João, 2020. 120p.  
ROSA, R.A.S. **Minicurso: Sensoriamento Remoto SAR XXVII CBC**. Novembro 2017. Conferência: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia (CBC).DOI 10.13140/RG.2.2.24692.86405. Tradução nossa.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**- Revista do Departamento de Geografia 16,81-90. São Paulo.2005. Disponível em: [http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=geotecnologias&oq=geotec#d=gs\\_qabs&u=%23p%3DiRd2neoFcBYJ](http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=geotecnologias&oq=geotec#d=gs_qabs&u=%23p%3DiRd2neoFcBYJ). Acesso em: 14 jul.2019.

SANTOS, L.S.D; MEDEIROS, G.R.N; SANTOS, C.B.D; SILVA JÚNIOR, O.M.D. **Sig Aplicado aos Pontos de Barragens no Estado do Pará**. XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza. 2019.

SAUSEN, T.M; LACRUZ, M.S.P. **Sensoriamento Remoto Para Desastres**. São Paulo, Oficina de Textos, 2015.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Base Cartográfica e Geodésica do Estado do Amapá 2014**. 2014.

SILVA, J.P.S. **Impactos ambientais causados por mineração**. 2007. Disponível em: <http://www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000429.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SNISB. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **RSB - Relatório de Segurança de Barragens - Exercício 2011**. 2011. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2011>. Acesso em: 20 set. 2020.

SNUC . Sistema Nacional de Unidades de Conservação; **Lei 9.985 de 18 de julho de 2000**. Ministério do Meio Ambiente.

TEIXEIRA, M.R. **A Utilização do Geoprocessamento na Análise Ambiental e sua Importância na Tomada de Decisões: Um Estudo Sobre o Uso do Geoprocessamento em Pesquisas Sobre Ocupação Desordenada do Solo**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD). Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/7788/1/51500573.pdf>. Acesso em: 17 abr.2021.

VIEIRA, M.S. (2015). **Base cartográfica continua do estado do Amapá**. Revista Digital Simonsen, 3, 47-60. Disponível em: [http://www.simonsen.br/revista-digital/wp-content/uploads/2015/11/6-Revista-Simonsen\\_N3-Mauro.pdf](http://www.simonsen.br/revista-digital/wp-content/uploads/2015/11/6-Revista-Simonsen_N3-Mauro.pdf). Acesso em: 10 abr.2021.

Z Aidan, R.T. **Geoprocessamento Conceitos e Definições**. Revista de Geografia PPGeo – UFJF, p. 4. Juíz de Fora, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073/9359>. Acesso em: 10 abr.2021.

ZANOTTA, D.C; FERREIRA, M.P; ZORTEA, M. **Processamento de Imagens de Satélite**. Oficina de textos, p.11, São Paulo, 2019 .

**ANEXO**

**ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DE CR E DPA CONFORME DNPM****ANEXO I****Classificação de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado:**

	<b>DANO POTENCIAL ASSOCIADO</b>		
<b>CATEGORIA DE RISCO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>BAIXO</b>
<b>ALTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>MÉDIO</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>BAIXO</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>

Fonte: DNPM, 2017.

**ANEXO B - BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE COMPETÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DA ANM.**

Barragens de Rejeito de Mineração												
Barragem	Responsável	Município	Coordenadas Geográficas		Situação	Licenciada		Monitoramento		DPA	CRI	PAE
						Sim	Não	Sim	Não			
Barragem Leste	Beadell Brasil Ltda.	Pedra Branca	0°52'00,86"N	51°53'44,30"W	Ativa	X		X				
Barragem NMP**	Beadell Brasil Ltda.	Pedra Branca	0°51'34.45"N	51°53'29.26"W	Ativa	X		X		Alto	Baixo	Possui
Barragem WP**	Beadell Brasil Ltda.	Pedra Branca	0°52'00.01"N	51°53'41.67"W	Ativa	X		X		Alto	Baixo	Possui
Barragem TAP D**	Beadell Brasil Ltda.	Pedra Branca	0°51'11.44"N	51°53'24.11"W	Inativa	X		X		Alto	Baixo	Possui
Barragem 1	Hanna Mineração Ltda.	Mazagão	0°20'15,22"N	51°45'06,06"W	Ativa	X		X				
Barragem 2	Hanna Mineração Ltda.	Mazagão	0°20'21,92"N	51°45'08,05"W	Ativa	X		X				
Barragem 3	Hanna Mineração Ltda.	Mazagão	0°20'14,00"N	51°45'18,18"W	Ativa	X		X				
Barragem Samacá	Hanna Mineração Ltda.	Mazagão	0°21'06,00"N	51°50'33,00"W	Inativa		X		X			
Barragem Mário Cruz 01**	Zamin Mineração Ltda.	Pedra Branca	0°48'1.87"N	51°52'29.77"O	Inativa		X		X	Médio	Alto	Não possui
Barragem Mário Cruz 02	Zamin Mineração Ltda.	Pedra Branca	0°47'59.71"N	51°51'35.17"O	Inativa		X		X			
Barragem Mário Cruz 03	Zamin Mineração Ltda.	Pedra Branca	0°47'44.78"N	51°51'18.49"O	Inativa		X		X			
Barragem 01**	Unagem Min. e Metal. SA	Mazagão	0°23'54,95"N	51°45'39,42"W	Inativa		X	X		Baixo	Baixo	Não exigido
Barragem do Felipe	Cadam	Laranjal do Jari	0°52'58.28"S	52°22'52.21"W	Ativa	X		X				
Barragem Muriacá	Cadam	Laranjal do	0°53'39.0	52°21'52.21	Ativa	X		X				

Barragem da Cava**	Cadam	Jari	7"S	"W								
		Laranjal do Jari	0°53'52.03"S	52°22'44.14"W	Ativa	X		X		Méio	Baixo	Não exigido
Barragem 1	COOPGAVIN	Porto Grande	0°24'40.07"N	51°43'58.09"W	Ativa	X			X			
Barragem 2	COOPGAVIN	Porto Grande	0°24'32.32"N	51°43'55.30"W	Ativa	X			X			
Barragem 3	COOPGAVIN	Porto Grande	0°24'23.14"N	51°43'50.25"W	Ativa	X			X			
Barragem Labourie*	COOGAL	Calçoene	2°16'47.41"N	51°39'21.77"W	Ativa		X		X			
Barragem Naldo 1	COOGAL	Calçoene	2°18'16.00"N	51°38'40.00"W	Inativa		X		X			
Barragem Naldo 2	COOGAL	Calçoene	2°18'22.00"N	51°38'37.00"W	Ativa		X		X			
Barragem 1	Oro Amapá Min. Ltda.	Calçoene	2°17'7.94"N	51°37'54.36"W	Ativa		X		X			
Barragem 1	Vicente Sarmento	Oiapoque	2°31'18.63"N	51°44'35.34"W	Inativa		X		X			

\* Barragens que se enquadram, mas não estão cadastradas no SIGBM.

\*\* Barragens que se enquadram na PNSB e cadastradas no SIGBM.

Legendas: **DPA**: Dano Potencial Associado **CRI**: Categoria de Risco **PAE**: Plano de Ação Emergencial

Fonte: Relatório Técnico N° 001/2019-NAQ/IMAP (Cleane S. S. Pinheiro e Allan C. S. Maciel)