

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIA, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA ROCHA SCHNECKENBERG
ROBERTA HELOISE RODRIGUES

**DETERMINAÇÃO DA CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DE
ALAGADOS NAS CIDADES DE PONTA GROSSA, CASTRO E CARAMBEÍ NO
PARANÁ**

PONTA GROSSA

2023

GABRIELA ROCHA SCHNECKENBERG
ROBERTA HELOISE RODRIGUES

**DETERMINAÇÃO DA CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DE
ALAGADOS NAS CIDADES DE PONTA GROSSA, CASTRO E CARAMBEÍ NO
PARANÁ**

Trabalho apresentado à disciplina de OTCC como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Araujo Vuitik

PONTA GROSSA

2023

GABRIELA ROCHA SCHNECKENBERG
ROBERTA HELOISE RODRIGUES

**DETERMINAÇÃO DA CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO DE
ALAGADOS NAS CIDADES DE PONTA GROSSA, CASTRO E CARAMBEÍ NO
PARANÁ**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Guilherme Araujo Vuitik

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Dra. Giovana Katie Wiecheteck

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Dra. Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira

Centro Tecnológico de Joinville – Universidade Federal de Santa Catarina

Ponta Grossa, 18 de dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento, gostaríamos de agradecer ao nosso professor orientador Prof. Dr. Guilherme Araujo Vuitik, o qual aceitou segurar nossa mão e guiar nossos pensamentos para a evolução deste trabalho. Agradecemos por cada revisão de texto e cada palavra de incentivo que nos fez melhorar e, principalmente, acreditar em nosso próprio potencial.

Temos enorme gratidão pelos nossos professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Ponta Grossa, por nos passarem seus conhecimentos teóricos e práticos. Temos admiração quanto ao caráter e determinação, e sabemos que podemos nos espelhar em vocês em nossa vida profissional.

Prossequindo aos agradecimentos, devemos citar as pessoas que fizeram com que fosse possível nós estarmos aqui, nossos pais. Devemos incontáveis agradecimentos a vocês, por cada etapa em nossa vida em que vocês estiveram lá, movendo montanhas, para que seguíssemos com nossos sonhos. Sem vocês nada disto seria possível.

Agradecemos, também, aos nossos familiares e amigos, por sempre estarem ao nosso lado quando precisamos e nos ajudarem a percorrer esta jornada de maneira mais leve. Obrigada pelas companhias e ensinamentos de vida, temos certeza de que contribuíram para a nossa caminhada.

Não poderíamos deixar de agradecer a Deus, que foi nosso suporte e nosso alicerce durante tantos momentos da nossa graduação. Ele nos permitiu viver esta trajetória com saúde, fé e sabedoria.

“À sua palavra as águas pararam e ficaram em represas; a uma ordem da sua voz, as águas juntaram-se num reservatório.”

(Ben Sira 39:17)

RESUMO

Os recursos hídricos apresentam-se como um fator de imensurável importância para o desenvolvimento da sociedade, porém, a escassez dos mesmos, seja por variados aspectos, como mau gerenciamento ou má distribuição, é um problema que afeta o mundo inteiro. Assim, torna-se indispensável a busca de maneiras de efetuar o correto gerenciamento destes recursos. O Reservatório de Alagados possui elevada participação na economia da região dos Campos Gerais. Desde sua construção, a represa trouxe diversas mudanças ambientais para a fauna e flora da região, possuindo grande potencial de geração de energia e fornecimento de água. Sendo notável a sua influência na cidade de Ponta Grossa, este estudo visou a definição da curva Cota-Área-Volume do reservatório, buscando aprofundar os conhecimentos sobre suas características de volume. Para tanto, foram utilizadas noções de geoprocessamento e o auxílio do software QGis, o que possibilitou a delimitação da bacia hidrográfica na qual o reservatório está inserido e também o contorno do mesmo. Com estas informações, foi possível a determinação da curva Cota-Área-Volume. Com isso, caminhar para um maior e mais eficaz gerenciamento dos recursos hídricos na cidade de Ponta Grossa.

Palavras-chave: 1. Reservatório de Alagados. 2. Delimitação de bacias hidrográficas. 3. Software QGis. 4. Curva cota-área-volume.

ABSTRACT

Water resources are a factor of immeasurable importance for the development of society, however, their scarcity, whether due to different aspects, such as bad management or bad distribution, is a problem that affects the entire world. Therefore, it is necessary to search for different ways to correctly manage these resources. The Alagados Reservoir is of paramount importance for the economy of the Campos Gerais region. Since its construction, the dam has brought several environmental changes to the region's fauna and flora, having great potential for energy generation and water supply. As its influence in the city of Ponta Grossa is notable, in which it has a significant participation in the water supply, this study aims to understand the volume characteristics of the reservoir. To this end, notions of geoprocessing and the aid of the QGIS software were used, which made it possible to delimit the river basin in which the reservoir is located. With this knowledge, it was possible to understand the water storage capacity in the reservoir, based on the elaboration of its elevation-volume-area curve, and, with that, move towards greater and more effective management of water resources in the city of Ponta Grossa.

Keywords: 1. Alagados Reservoir. 2. River basin delimitation. 3. Software QGIS. 4. Elevation-volume-area curve.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Influência do relevo na formação de bacia hidrográficas	16
Figura 2 - Rede de drenagem dendrítica	17
Figura 3 - Regiões Hidrográficas do Brasil	18
Figura 4 - Ciclo Hidrológico	20
Figura 5 - Partes básicas de reservatórios	22
Figura 6 - Hidrograma característico de rios com presença de reservatório	23
Figura 7 - Curva cota-área em um reservatório de acumulação	26
Figura 8 - Foto da Represa de Alagados	28
Figura 9 - Fluxograma das etapas da pesquisa	31
Figura 10 - Interface inicial EarthExplorer	33
Figura 11 - Identificação da barragem no Hidroweb	33
Figura 12 - Identificação das informações da barragem no Hidroweb	34
Figura 13 - Entrada de coordenadas da barragem no EarthExplorer	35
Figura 14 - Destaque da barragem no mapa no EarthExplorer	36
Figura 15 - Região recortada entorno da barragem	36
Figura 16 - Configurações de informação de imagens no EarthExplorer	37
Figura 17 - União de imagens SRTM da área abrangendo a bacia da barragem	38
Figura 18 - Camada DrainageDirection	39
Figura 19 - Camada BingSatellite	40
Figura 20 - Delimitação da Bacia Hidrográfica	41
Figura 21 - Ferramenta para obtenção de curvas de nível no QGis	42
Figura 22 - Configuração das curvas de nível no QGis	42
Figura 23 - Curvas de nível distanciadas em 1 metro da bacia hidrográfica	43
Figura 24 - Traçado do reservatório a partir da cota 924	43
Figura 25 - Traçado de pontos equidistantes para definição das curvas de nível do reservatório	45
Figura 26 - Barragem da Represa de Alagados em relação à bacia de contribuição	47
Figura 27 - Rios de contribuição ao Reservatório Alagados	48
Figura 28 - Curvas de nível distanciadas em 10 metros da bacia hidrográfica	49
Figura 29 - Reservatório de Alagados na bacia hidrográfica	50
Figura 30 - Reservatório de Alagados	50
Figura 31 - Curvas de nível do Reservatório de Alagados	51
Figura 32 - Gráfico da Curva Cota-Área do Reservatório de Alagados	53
Figura 33 - Gráfico da Curva Cota-Volume do Reservatório de Alagados	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de cota e área do reservatório.....	52
Tabela 2 -Valores de cota e volume do reservatório	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	RECURSOS HÍDRICOS.....	14
3.2	BACIA HIDROGRÁFICA	16
3.3	CICLO HIDROLÓGICO	20
3.4	RESERVATÓRIOS.....	21
3.4.1	Reservatório para controle de cheias	22
3.4.2	Reservatório para aproveitamento hidrelétrico	23
3.4.3	Reservatório para abastecimento	24
3.4.3.1	Qualidade da água para abastecimento	24
3.4.3.2	Normativas para implantação de reservatórios em rios	25
3.4.4	Curvas cota-área e cota-volume de um reservatório	26
3.5	O RESERVATÓRIO DE ALAGADOS.....	27
3.6	GEOPROCESSAMENTO	28
3.6.1	Software QGis	28
3.6.2	Earth Explorer	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	INVESTIGAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM QGIS	32
4.1.1	Obtenção do modelo digital de elevação	32
4.1.2	Delimitação da Bacia Hidrográfica	38
4.1.3	Delimitação da área inundada pelo reservatório	41
4.2	DEFINIÇÃO DA CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO.....	44
4.2.1	Interpolação das curvas topográficas	44

4.2.2	Definição da curva cota-área-volume.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO DE ALAGADOS	47
5.2	ÁREA INUNDADA DO RESERVATÓRIO DE ALAGADOS.....	49
5.3	CURVAS TOPOGRÁFICAS DO RESERVATÓRIO	51
5.4	CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO	52
6	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A escassez de recursos hídricos é um desafio que afeta o mundo todo. Segundo a Unicef (2017), menos da metade da população mundial tem acesso à água tratada, em decorrência do desequilíbrio entre a extração excessiva dos recursos e a produtividade hídrica.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2018), 97,5% da água existente no mundo é salgada, dessa forma, não é adequada ao consumo humano e nem à irrigação de plantações. Do restante desta percentagem, apenas 1% corresponde aos rios e à água presente nos reservatórios de abastecimento. Outros fatores apontados pela Agência são que 35 milhões de pessoas ainda não têm acesso à água tratada no Brasil, e o sistema de abastecimento de água potável gera, em média, 37% de perdas, as quais são provenientes de vazamentos no sistema de captação e distribuição de água.

O setor de agricultura e pecuária tem grande impacto sobre o estresse dos recursos hídricos, sendo responsável, no Brasil, por 72% do consumo de água (ONU, 2011 *apud* EMBRAPA, 2023). Portanto, é na agropecuária que se concentra um dos maiores desafios relacionados ao consumo de água no Brasil e no mundo.

Em conjunto com essas preocupações, a água foi reconhecida, por muito tempo, como um recurso natural infinito. Com isso, há graves problemas de desperdício e contaminação da mesma, os quais são gerados pela falta de consciência, associada a uma questão cultural da sociedade (AUGUSTO, 2012 *apud* ISHIKI e OLIVO, 2014).

Frente a esses apontamentos, no dia 1º de junho de 2021, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021) publicou a Declaração de Situação Crítica de Escassez Quantitativa de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraná até 30 de novembro do mesmo ano. O objetivo era reconhecer a situação e subsidiar a adoção de medidas temporárias para assegurar os usos múltiplos da água e buscar a segurança hídrica.

De acordo com o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (2022) *apud* AENPR (2022), há fenômenos climáticos capazes de alterar de forma expressiva a circulação geral do sistema terra-oceano e, por consequência, modificar o regime de chuvas e a temperatura média do ar. Um desses fenômenos é conhecido por El Niño, quando as águas do Oceano Pacífico Equatorial estão mais

quentes que o normal. Ou, em sua fase negativa, a La Niña, com águas mais frias e que ocasiona irregularidade nas chuvas sobre o Paraná.

Segundo o Simepar (2022) *apud* AENPR (2022), choveu em Ponta Grossa 22,7% a menos, nos anos 2019, 2020 e 2021, do que se projetava para o período, levando em conta as séries históricas. Dentro dos três anos analisados, apenas sete meses registraram chuvas em valores próximos ou acima da média.

O abastecimento de água em Ponta Grossa é composto pela captação de água no rio Pitangui, em dois locais distintos, na Captação Superficial - 1, chamada CSP-1, localizada na Represa dos Alagados e na Captação Superficial - 2, chamada CSP-2, com barragem de elevação de nível no Rio Pitangui. A captação mais antiga é do Sistema Alagados, o qual é utilizado desde o início da década de 70 (Plano Municipal de Saneamento Básico, 2019) e é responsável por aproximadamente 38% do abastecimento de água da cidade (ANDRADE FILHO, DOMINGUES e SCHAMNE, 2011).

Diante disso, compreende-se a necessidade de conhecer as características da Represa de Alagados, a fim de se aprofundar nos conhecimentos acerca da Represa e promover visões a longo prazo do seu potencial de abastecimento, as quais possam estimular o correto gerenciamento de seus recursos, caminhando para a gestão adequada dos recursos hídricos na cidade de Ponta Grossa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a curva cota-área-volume do reservatório de Alagados, o qual compõe o sistema de abastecimento de água de Ponta Grossa/PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar as etapas utilizadas para delimitação de bacias hidrográficas e área inundada de reservatórios, por meio do software QGis;
- Delimitar a Bacia Hidrográfica em que o Reservatório de Alagados está inserido;
- Investigar as características topográficas da área inundada pelo Reservatório de Alagados;
- Investigar a capacidade de armazenamento de água do Reservatório de Alagados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água é uma das substâncias mais distribuídas no planeta, porém, ela é finita. Possuindo vasta importância, ela é a base de todo o mundo orgânico e apresenta uma participação mais do que significativa no sistema ecológico. Ela, como recurso hídrico, possui um grande valor de importância quando comparada aos outros recursos naturais, tendo em vista que não é possível o desenvolvimento de vida sem água. Segundo Shiklomanov e Rodda (2003), o volume global de água doce líquida é estimado em 10,6 milhões de km³.

O Brasil concentra 53% da água doce da América do Sul e 12% da vazão total mundial dos rios, equivalente a 177.900 m³/s (HIRATA *et al*, 2009 *apud* DA SILVA NETTO, 2022). Porém, mesmo com essa posição privilegiada em relação a disponibilidade do recurso, a distribuição do mesmo se dá de forma desigual no território nacional. Isto é visto em situações como no Nordeste Setentrional, onde dados apontam que a oferta de água é de 500 m³/hab/ano, enquanto, no país, esta oferta é de 40.000 m³/hab/ano (ALMEIDA e PEREIRA, 2009 *apud* PEIXOTO, SOARES e RIBEIRO, 2022). Junto a isso, apenas a Região Norte possui perto de 80% das descargas de águas dos rios do país (REBOUÇAS, 2003). Peixoto, Soares e Ribeiro (2022) demonstram que essa desigualdade, em conjunto com fatores como apropriação dos recursos hídricos e o modelo econômico mineral-agroexportador, acaba gerando conflitos pela água. Conflitos os quais cresceram no período entre 2009 e 2019 e ocorrem em maior número na região Nordeste do país.

Os recursos hídricos definem-se como a parcela de água no planeta a qual é acessível à humanidade. Segundo Da Silva *et al*. (2021), eles abrangem os corpos de água cuja utilização é voltada para suprir demandas/necessidades da população ou auxiliar no desenvolvimento das atividades humanas. Shiklomanov e Rodda (2003) afirmam que a economia mundial e o crescimento populacional estão estritamente ligados ao uso dos recursos hídricos disponíveis. Dessa forma, entende-se que há a necessidade contínua de encontrar novos recursos e de estabelecer maneiras de controlá-los de forma justa, através de legislações ou até mesmo hábitos populacionais.

No Brasil, marcos legais relacionados aos recursos hídricos existem desde 1934, com o Código de Águas, criado pelo decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, o qual é uma legislação federal com o principal objetivo proteger a qualidade das

águas brasileiras. De acordo com Da Silva Netto (2022), apesar de ser uma legislação antiga, o código é uma referência, pois descreve aspectos importantes para o uso de águas públicas, comuns e particulares.

Ampliando as normativas em relação às águas, a lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual proporcionou a organização da gestão dos recursos hídricos de domínio federal. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023), a PNRH, conhecida por seu caráter descentralizador, criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas e para arbitrar conflitos no âmbito administrativo.

Além disso, a Lei das Águas criou quatro instrumentos fundamentais de sua política: Planos de Recursos Hídricos e enquadramento dos corpos de água em classes, outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, sendo este último um vasto sistema de coleta, tratamento, recuperação e armazenamento de informações sobre recursos hídricos, bem como de fatores que possam interferir na gestão dos mesmos. Para o controle destes instrumentos e para o correto funcionamento da lei, a bacia hidrográfica foi reconhecida como unidade territorial, em uma maneira de integração entre o sistema de gestão ambiental e o sistema de gestão dos recursos hídricos (DA SILVA JUNIOR *et al.*, 2021) e o órgão responsável por implementar a PNRH foi definido como o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH).

Da Silva Junior *et al.* (2021) afirmam que as legislações brasileiras sobre a gestão dos recursos hídricos são consideradas como muito avançadas em caráter mundial. Porém, para Da Silva Netto (2022), mesmo que o Brasil disponha de ampla variedade de leis e normas específicas, os recursos hídricos não apresentam qualidade satisfatória para a população como um todo, além disso, a crise da água no Brasil não se refere aos recursos, mas, sobretudo, a sua má utilização. Discorrendo em concordância a ele, Furigo e Samora (2019) afirmam que, mesmo que a lei de 1997 tenha objetivado financiar projetos de conservação da água, reverter processos de poluição, recuperar bacias hidrográficas e consolidar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, com o passar dos anos se vê que a poluição dos corpos de água ainda é presente e a disponibilidade de água limpa passou a ser uma vantagem a quem a possui, levando em conta a sua redução.

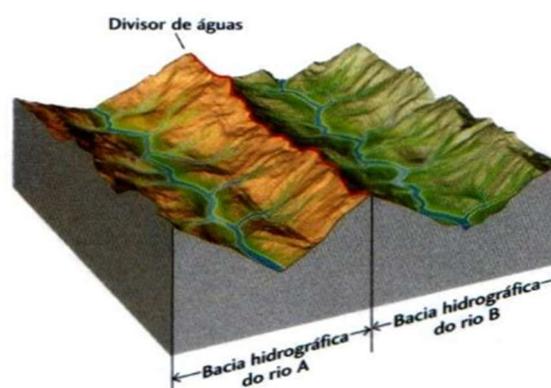
Para Silva e Pereira (2019), além da preocupação gerada pelo, ainda, ineficaz controle dos recursos hídricos, outra variável surge como um desafio relacionado ao futuro desses recursos: as mudanças climáticas. A ameaça está no fato de que as tendências hidrológicas passadas não são mais uma fonte confiável de referência, tornando difícil a previsão da disponibilidade futura de água. Além disso, os autores afirmam que a demanda por água doce continuará crescendo nas próximas décadas, com o avanço das populações e das economias. Desta maneira, com a incerteza gerada pelas mudanças climáticas e a evolução da humanidade, há uma ameaça severa sobre qualquer projeção em relação à disponibilidade dos recursos hídricos no futuro. Porém, De Carvalho (2015) afirma que, quanto maior for a atuação de uma nação em gerenciar estes recursos, mais segura será sua conduta frente a eventos climáticos desfavoráveis que possam vir a lhe afetar.

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

Bacia hidrográfica é a unidade formada por um corpo d'água principal e seus afluentes. Tucci (1993) a define como um ente sistêmico, no qual a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado por esta saída unitária, denominada exutório.

Em seu conceito geográfico, a bacia hidrográfica é uma área limitada por divisores de água - os quais são quaisquer elevações entre dois rios, que vertem toda a sua água para a rede de rios que a drenam. Ela pode possuir diversos tamanhos, desde uma área pequena ao redor de um riacho ou pode ser uma grande região drenada por um rio principal e seus tributários (Press *et al*, 2006). A relevância do relevo na formação de uma bacia hidrográfica está representada na Figura 1.

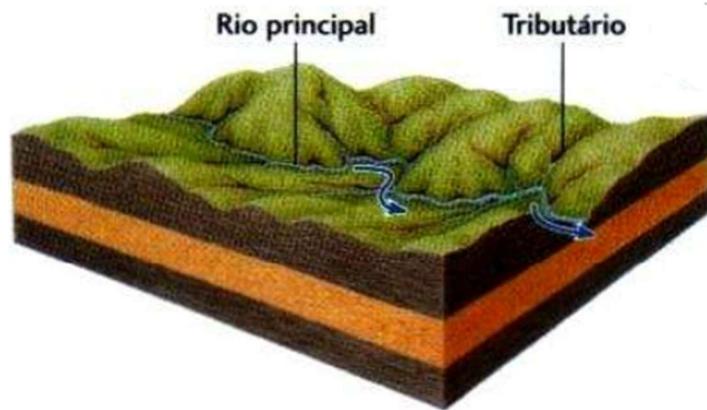
Figura 1 - Influência do relevo na formação de bacia hidrográficas



Fonte: Press *et al*. (2006)

Dentro das bacias hidrográficas configuram-se as chamadas redes de drenagem, as quais são os padrões de conexões que se seguem pelos cursos d'água, desde a foz de um rio até a nascente. Para criação de sua rede de drenagem, o rio divide-se em seus tributários, os quais vão ficando cada vez menores. Há diferentes tipos de redes, mas, a maioria dos rios segue a chamada dendrítica (Figura 2), a qual apresenta ramificações similares aos galhos de uma árvore e é característica de terrenos nos quais o substrato rochoso é uniforme (Press *et al*, 2006).

Figura 2 - Rede de drenagem dendrítica



Fonte: Adaptada de Press *et al* (2006).

Como já visto, as bacias hidrográficas delimitam o território a partir de divisores de águas, tornando-se, assim, unidades fundamentais para um bom planejamento territorial, sendo essenciais para a integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (CARVALHO, 2020). Como Yassuda (1993) afirma, elas são o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural.

No Brasil, esta visão da bacia hidrográfica, como unidade territorial para gestão de recursos hídricos, foi institucionalizada através da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme Lei Federal nº 9.433/1997. Esta utilização da bacia hidrográfica, como unidade de planejamento, tem entre seus objetivos, de acordo com Carvalho (2020), a administração sistemática adequada dos recursos hídricos, levando em conta as variantes em diversos setores das regiões do Brasil, desde físicas até econômicas, sociais e culturais.

Segundo Finkler (2017), com a finalidade de gerenciamento dos recursos hídricos e elaboração de estratégias, o Brasil foi dividido em 12 grandes regiões hidrográficas, definidas pela Resolução n° 32 (BRASIL, 2003), as quais possuem características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares. Esta divisão, também, contribui para a orientação, fundamentação e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Na Figura 3 está representada a divisão do território brasileiro em regiões hidrográficas.

Figura 3 - Regiões Hidrográficas do Brasil



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2013).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico sintetiza algumas características de cada uma das regiões, das quais destacam-se alguns fatores que as bem representam.

A Região Hidrográfica Amazônica, a qual ocupa 45% do território nacional, possui uma extensa rede de rios com grande abundância de água.

A Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, correspondendo a 10,8% do território do Brasil, abrange seis estados, com sua precipitação média anual muito inferior à média nacional.

A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, a qual ocupa apenas 3% do território nacional, apresenta como sua principal demanda, de uso da água, o consumo humano, representando 64% do total.

Igualmente ocupando singela parte do território nacional, 3,9%, a Região Hidrográfica Parnaíba apresenta boa parte do seu território localizado no semiárido brasileiro.

Ainda tratando-se de regiões com baixa extensão territorial, a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental ocupa apenas 3,4% do território nacional e apresenta sua densidade demográfica sendo cerca de 4 vezes maior do que a média brasileira, porém, possui a menor disponibilidade hídrica do país.

A Região Hidrográfica São Francisco ocupa 7,5% do território brasileiro e detém importante papel na geração de energia para a região nordeste.

A Região Hidrográfica Atlântico Leste, ocupa 3,9% do território do Brasil e possui períodos de prolongadas estiagens.

A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, ocupa simples 2,5% do território nacional, apesar de configurar-se como a região hidrográfica mais povoada, além de se constituir em uma das regiões mais economicamente desenvolvidas do país.

A Região Hidrográfica Paraná ocupa 10% do território brasileiro, sendo a região mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país, assim, possui as maiores demandas por recursos hídricos.

A Região Hidrográfica Paraguai ocupa 4,3% do território brasileiro, incluindo a maior parte do Pantanal Mato-grossense, a maior área úmida contínua do planeta.

A Região Hidrográfica Uruguai ocupa cerca de 3% do território brasileiro, possuindo atividades agroindustriais desenvolvidas e grande potencial hidrelétrico.

Por fim, a Região Hidrográfica Atlântico Sul ocupa 2,2% do território nacional, possuindo significativa importância turística.

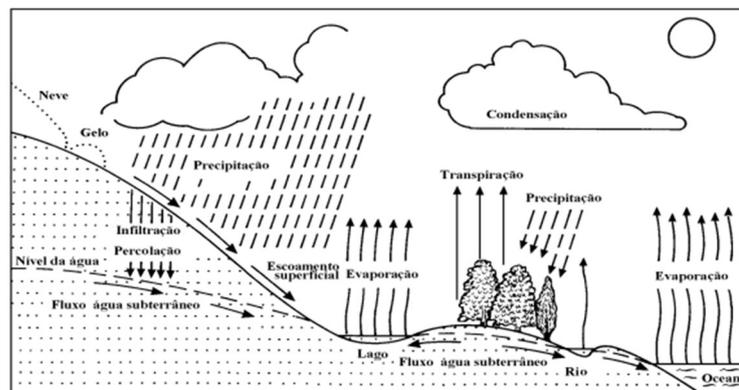
O agrupamento dos recursos hídricos em regiões contribui para um planejamento facilitado dos mesmos no país, enquanto, segundo Rocha e Dos Santos (2018), a delimitação do território de uma bacia hidrográfica provê uma bem definida unidade física para estudos hidrológicos.

3.3 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico, representado na

Figura 4, é o processo de circulação da água entre a superfície terrestre, o meio aquático e a atmosfera. Nele, a água passa por transformações de estado. Para Press *et al.* (2006), entender o processo de renovação da água, através dos caminhos pelos quais ela percorre, auxilia no processo de dispor e usar da água sem comprometer o abastecimento futuro dela.

Figura 4 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Teixeira (2010)

Segundo descrito por Teixeira (2010), o ciclo hidrológico ocorre em dois sentidos. No sentido superfície-atmosfera, a água segue seu fluxo pela evapotranspiração, a qual é relacionada a processos de evaporação e transpiração. A evaporação é a transformação de águas da superfície do solo, dos cursos de água, lagos, reservatórios de acumulação e mares, em vapor, através de processos físicos. Enquanto isso, a transpiração, segundo a mesma fonte, é a evaporação devida à ação fisiológica dos vegetais e se dá devido à umidade do solo (PINTO *et al.* 1976 *apud* FINKLER, 2017). Enfim, a evapotranspiração se conceitua como o volume de água que evapora do solo e das áreas verdes.

Por outro lado, no sentido atmosfera-superfície, há transferência de água em qualquer estado físico, sendo predominantes as precipitações de chuva e neve. Sendo que, a precipitação está diretamente ligada ao tipo de clima presente na região e às condições meteorológicas (FINOTTI *et al.* 2009 *apud* FINKLER, 2017).

Desta forma, o ciclo hidrológico global comanda a oferta de água no planeta. A água doce, aquela fornecida apenas pela chuva, rios, lagos e algumas fontes

subterrâneas, é praticamente a única utilizada. Estas águas provêm da precipitação (Press *et al.*, 2006). Para Finkler (2017), a forma de precipitação a ser mais considerada, pela engenharia, é a chuva, pelo caráter aleatório dos eventos de pluviosidade. Sendo que, o volume precipitado depende da duração da chuva, da sua intensidade e da sua frequência.

3.4 RESERVATÓRIOS

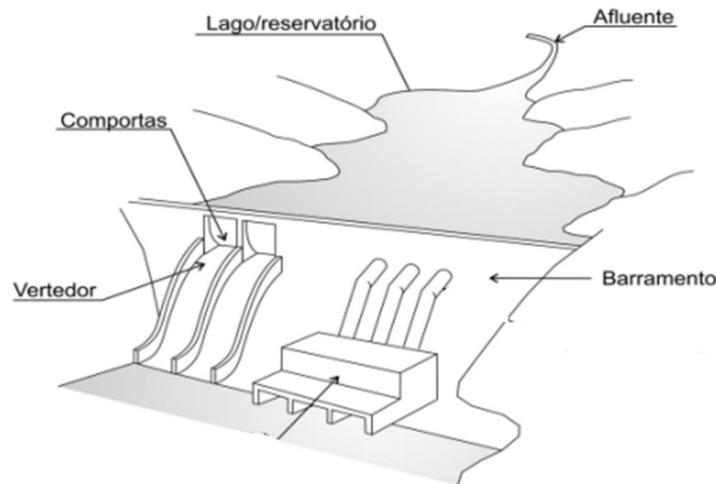
Os reservatórios dizem respeito às construções que visam o armazenamento da água que escoar por um curso d'água. Estas construções podem objetivar diferentes formas de beneficiar a sociedade, porém, quase sempre o interesse é de caráter público-social, como para abastecimento da população, controle de cheias e geração de energia hidrelétrica (MEES, 2020).

Reis e Brandão (2013) apontam que a história da construção de reservatórios pelo mundo está atrelada ao crescimento econômico e populacional da sociedade. Para os autores, com esses fatores, intensificou-se a necessidade de se reservar água em períodos chuvosos para o consumo nas épocas mais secas.

A construção de reservatórios auxilia em necessidades da sociedade, porém, segundo Mees (2020), a sua construção gera impactos os quais devem ser mensurados, analisados e discutidos. Concordando com o autor, Reis e Brandão (2013) comentam que essas construções propiciam o depósito de materiais transportados pelo rio, o que gera elevação do lençol freático na área próxima ao reservatório. Junto a isso, a inundação da área de reserva extingue plantas terrestres e florestas, além de deslocar o habitat natural de animais. Além disso, as construções podem alterar, até mesmo, questões climáticas referentes às áreas próximas a elas. Desta maneira, a construção de barragens e, conseqüentemente, de reservatórios, deve estar ligada a certos cuidados e conhecimentos de seu funcionamento.

Para o entendimento geral de um reservatório, destacam-se os seus principais elementos, os quais são o afluente, o lago/reservatório em si, o barramento, as comportas e vertedor, a casa de força e os condutos forçados (no caso específico de reservatórios de aproveitamento energético). Na Figura 5, consegue-se visualizar os elementos citados.

Figura 5 - Partes básicas de reservatórios



Fonte: Adaptada de Mees (2020).

De acordo com Mees (2020), para aprofundar o conhecimento sobre reservatórios, faz-se necessário o entendimento das suas cotas de níveis característicos. O nível d'água mínimo operacional é, sucintamente, o nível mínimo necessário à operação adequada do reservatório. Em correlação com este nível, está o volume morto, que é o volume do reservatório compreendido abaixo do nível mínimo operacional. Outro conceito, citado pelo autor, é o de nível d'água máximo operacional, o qual diz respeito ao nível máximo permitido para operação normal do reservatório, sem que haja vertimento. Mees (2020) também cita o volume útil, o qual é compreendido entre os níveis máximo e mínimo de operação do reservatório, o volume de espera, correspondente à parte do volume útil que se destina ao amortecimento de ondas de cheia e nível d'água máximo maximorum, que é a sobre-elevação máxima do nível d'água.

3.4.1 Reservatório para controle de cheias

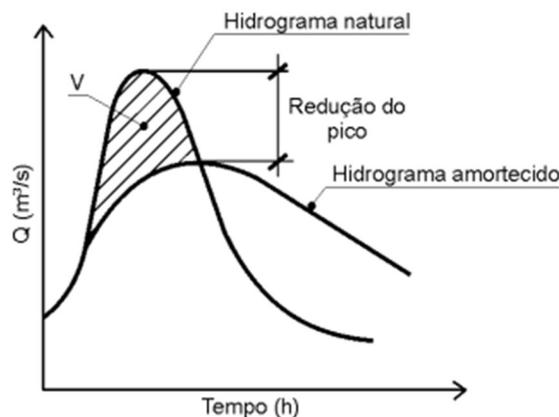
A variação da vazão de um rio depende das características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica. Quando essa alteração de vazão acontece em ocupação do leito maior do rio, também chamado de leito maior periódico ou sazonal, entende-se que ocorre uma inundação ribeirinha (MEES, 2020).

Para Reis e Brandão (2013), esta vazão descontínua dos rios apresenta-se, desde sempre, como um problema para atividades que utilizam da água. Assim, a construção de barramentos em cursos de água, conjunta com a criação de

reservatórios, visando a regulação de vazões, não é uma atividade recente à humanidade. Já no antigo Egito, foi construída a primeira represa do mundo da qual se tem notícias, a Sadd elKafara, a qual tinha por objetivo a mitigação de cheias (YANG *et al.*, 1999 *apud* NUNES, 2020)

Mees (2020) explica como o processo de inundação é retardado pela presença de um reservatório. Segundo ele, o barramento mesmo reduz o pico de vazão do rio, através do enchimento do volume de espera do reservatório. Esta alteração na vazão altera, também, o hidrograma do rio, isto sendo demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Hidrograma característico de rios com presença de reservatório



Fonte: Tucci (2007)

3.4.2 Reservatório para aproveitamento hidrelétrico

A primeira usina hidrelétrica do mundo foi inaugurada em 1882, no rio Fox, em Wisconsin, nos Estados Unidos (EIA, 2019 *apud* NUNES, 2020). Estas usinas funcionam através do aproveitamento do desnível criado pela construção da barragem em um rio (NUNES, 2020). A escolha do local para a construção dessa estrutura é realizada buscando-se pontos com maior desnível para a queda d'água, menores comprimentos de barramento e o mínimo de áreas alagadas (MEES, 2020). Para De Carvalho (2015), estas usinas são um dos melhores recursos para geração de energia, levando em conta a sua possibilidade de variações rápidas e controladas de geração.

Os reservatórios pertencentes à estrutura de uma hidrelétrica podem ser divididos em dois tipos. O de acumulação, o qual geralmente está localizado em locais

de altas quedas d'água e possui grande porte, permitindo o acúmulo de grande quantidade de água, a qual será utilizada como estoque em períodos de estiagem. Enquanto isso, o outro tipo é o fio d'água, o qual gera energia com a vazão natural do rio (MEES, 2020).

3.4.3 Reservatório para abastecimento

Os reservatórios para abastecimento enquadram-se no conceito de mananciais para abastecimento, os quais englobam qualquer corpo d'água superficial ou subterrâneo que será utilizado para a fins humanos, industriais, animais ou de irrigação (MEES, 2020).

O autor também afirma que a escolha de um manancial leva em conta fatores da qualidade da água, quantidade e, além disso, fatores econômicos. Por serem de alto interesse, o autor constata que é necessário elevado cuidado do governo para a manutenção da qualidade desses mananciais. Porém, é de conhecimento geral a frequente degradação das áreas dos mesmos, devido, em maior parte, ao lançamento de lixo doméstico e esgoto neles, sem o tratamento necessário, ocasionando a contaminação da água.

3.4.3.1 Qualidade da água para abastecimento

Ao se captar a água de um manancial para abastecimento, fatores como a quantidade de água presente nele e a facilidade de adução desta água devem ser considerados. Junto a isto, a proteção do manancial também deve ser uma preocupação. Quando o manancial serve para abastecimento, é fundamental que haja conhecimento aprofundado da bacia hidrográfica da qual a água está sendo captada, conhecendo seus fatores físicos, bióticos e socioeconômicos (BRASIL, 2014). Assegurar a qualidade da água do manancial, além de indicar a proteção do mesmo e da população que o utiliza, também possibilita a avaliação dos impactos causados pelas interferências antrópicas em seu ambiente (DA SILVA *et al.*, 2021).

Para o estudo da água de captação, a realização periódica de inspeções sanitárias na bacia do manancial é de suma importância. Com essas inspeções, devem ser enquadrados os mananciais nos termos ditados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, levando em conta o uso do manancial para abastecimento.

3.4.3.2 Normativas para implantação de reservatórios em rios

Visto que a Represa de Alagados é um reservatório artificial formado pelo barramento do rio Pitangui e Jotuba, o qual tem grande importância na região pelo seu fornecimento de água para suprir a demanda da cidade de Ponta Grossa, cabe aos órgãos responsáveis o desenvolvimento de normativas e fiscalizações locais que irão garantir a qualidade da água e, conseqüentemente, segurança aos usuários.

A Resolução CONAMA n° 357/2005, complementada e alterada pela Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Além disso, ocorre a diferenciação quanto às características físicas, químicas e biológicas de acordo com a sua utilização.

Segundo CONAMA n° 357/2005, complementada e alterada pela Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Além disso, ocorre a diferenciação quanto às características físicas, químicas e biológicas de acordo com a sua utilização.

A Resolução CONAMA n° 302/2002, dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Conforme o artigo 3° da Resolução, constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

I - Trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;

II - Quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental.

III - Quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.

A Resolução CONAMA n° 302/2002 determina que cabe ao empreendedor a elaboração de um plano ambiental de conservação e uso do entorno de reservatório artificial em conformidade com o termo de referência expedido pelo órgão ambiental competente, para os reservatórios artificiais destinados à geração de energia e abastecimento público. Além disso, o plano ambiental de conservação e uso poderá

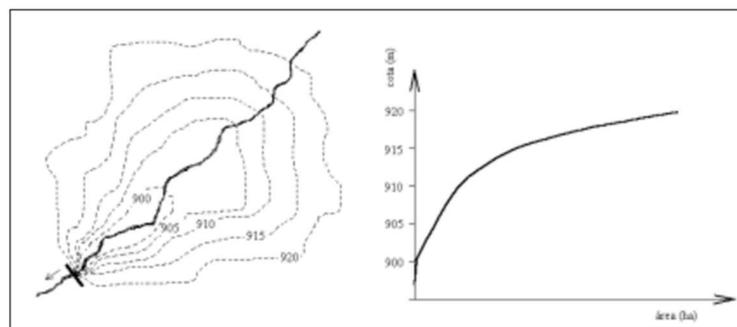
indicar áreas para implantação de polos turísticos e lazer no entorno do reservatório artificial, que não poderão exceder a dez por cento da área total do seu entorno.

3.4.4 Curvas cota-área e cota-volume de um reservatório

As curvas cota-área e cota-volume são utilizadas ao ser construído um barramento em determinada seção de um curso d'água, formando um reservatório. A partir de informações preliminares geradas por essas curvas, faz-se possível a determinação da altura do muro do reservatório, através do preestabelecimento do volume a ser armazenado ou da cota do nível d'água que deve ser atingida (BARBOSA JUNIOR, 2022). Em conjunto a isto, essas curvas também são utilizadas na fase de operação do reservatório. Segundo Maia e Villela (2006), a atualização das curvas cota-área-volume deve ser uma tarefa a se atentar, para que a alocação de água possa ser realizada baseada em um real volume útil do reservatório.

Para o traçado da curva cota-área, utiliza-se de um mapa topográfico, em escala adequada, da região onde o reservatório está inserido. Para cada cota referida a uma dada curva de nível, é feita a planimetria da área limitada pela curva de nível. Assim, obtêm-se pares de valores de cota, em metros, e área, em m^2 , km^2 ou ha, os quais são lançados em um gráfico, formando uma curva suave com os pontos, como indicado na Figura 7.

Figura 7 - Curva cota-área em um reservatório de acumulação



Fonte: Barbosa Junior (2022).

Por outro lado, a curva cota-volume consiste na relação entre o nível de água do reservatório e o volume a ele correspondente. Para obtenção dessa curva, integra-se a curva cota-área. Esta integração se dá com a definição dos volumes ΔVol entre duas curvas de nível consecutivas. Este volume é obtido, numa aproximação, pela

multiplicação da média das áreas correspondentes às curvas de nível consecutivas pela diferença de cota destas curvas de nível (BARBOSA JUNIOR, 2022).

3.5 O RESERVATÓRIO DE ALAGADOS

O termo Alagados consiste na área inundada que se originou pelo represamento das águas dos rios Pitangui e Jotuba, por volta do ano de 1940. Esse represamento aconteceu por consequência da construção de uma barragem cuja finalidade inicial era de geração de energia elétrica (BUSATO, 2009). Segundo a mesma autora, na década de 70, a Empresa Paranaense de Energia (COPEL) assumiu a geração de energia elétrica e, logo em seguida, cedeu a instalação de captação para o abastecimento de água de Ponta Grossa à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Ponta Grossa (2015), ainda na década de 70, iniciou-se a operação do sistema Alagados. Mais tarde, na década de 80, com o intuito de melhorar o aproveitamento do manancial, propôs-se a implantação do sistema Pitangui, mais a jusante da represa de Alagados. Com isso, instituiu-se o sistema Pitangui/Alagados, o qual foi ampliado diversas vezes até os dias de hoje. Em 2015, Ponta Grossa seguia sendo abastecida pelo rio Pitangui, em dois locais distintos, sendo o primeiro na represa de Alagados e o segundo na barragem de elevação de nível no rio Pitangui (Plano Municipal de Saneamento Básico, 2015).

A represa de Alagados (Figura 8) tem importante papel gerador de economia para a região dos Campos Gerais. Desde a sua construção, a represa trouxe diversas mudanças ambientais para a fauna e flora da região, e, diante das bonitas paisagens que surgiram, as margens do lago foram facilmente ocupadas (BARBOSA, 2020).

Figura 8 - Foto da Represa de Alagados



Fonte: Bezerra (2020)

Além de ser fonte de geração de energia e fornecimento de água da cidade de Ponta Grossa, a represa possui construções residenciais e um iate clube que serve de lazer para os seus associados, contando com pesca, prática de sky aquático e passeios de barcos a motor, lanchas e jet-skys. As margens do reservatório contam também com atividades agropecuárias como o cultivo de soja, milho, feijão, trigo, cevada e aveia, além da criação de gado leiteiro, suínos, ovelhas e aves (BARBOSA, 2020).

De acordo com Goulart (2001) *apud* Moro *et al* (2005), a área da lâmina d'água da represa é de 7,31 km² na cota 918,60 m. Além disso, a represa apresenta extensão de 10,7 km no trecho compreendido entre a barragem e a foz do rio Pitanguí, e de 9,0 km da mesma barragem até a foz do rio Jotuba, com larguras variando de 200 a 800 metros. A profundidade máxima encontrada na represa é de aproximadamente 14 metros e acumula cerca de 27,7 milhões de metros cúbicos de água.

3.6 GEOPROCESSAMENTO

3.6.1 Software QGis

QGis é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que funciona de maneira livre e aberta pois está licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. Segundo o

site da própria plataforma, o programa suporta dados nos formatos vetoriais e raster, e funciona em diferentes sistemas operacionais como Windows, Linux e Mac.

O QGis foi desenvolvido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), sendo que inicialmente, no seu lançamento, em 2009, levava o nome de QuantumGis. O software conta com desenvolvedores voluntários a fim de manter o programa atualizado ou corrigir eventuais erros (MARQUES, 2021).

O software possui um banco de dados espaciais e servidores externos que permitem o desenvolvimento de mapas, sendo possível sua visualização em 3D e análises multicritério (MARQUES, 2021). Os projetos desenvolvidos no QGIS são constituídos por diversas camadas (layers) sobrepostas que podem ser ligadas/desligadas de acordo com as necessidades do usuário. Estas camadas representam informações como rios, estradas, curvas de nível, loteamento urbano, uso do solo, imagens de satélite (PAMBOUKIAN, 2013). Algumas funcionalidades dentro do QGis são:

- Criação de geometrias: geração de pontos, linhas e polígonos;
- Buffer: cria uma zona em torno de um recurso em unidades de distância ou tempo;
- Sobreposição: sobrepõe dois ou mais mapas ou camadas para mostrar as relações entre eles;
- Georreferenciamento: alinha dados geográficos (mapa, camada, etc.) com um determinado sistema de coordenadas, permitindo sobreposições;
- Selecionar por atributo: seleciona feições de acordo com suas propriedades, como consultar um banco de dados;
- Recorte: corta uma camada de entrada com a extensão de um limite de uma determinada feição;
- Uniões: anexa campos de uma tabela aos de outra por meio de um atributo ou campo em comum nas tabelas;
- Dissolver: unifica feições com base em atributos com valores em comum;
- Geocodificação: cria pontos em um mapa a partir de endereços organizados em uma planilha;
- Análise de rede: calcula a distância percorrida até um elemento percorrido em uma rede (como estradas, transporte público) em vez de em linha reta.

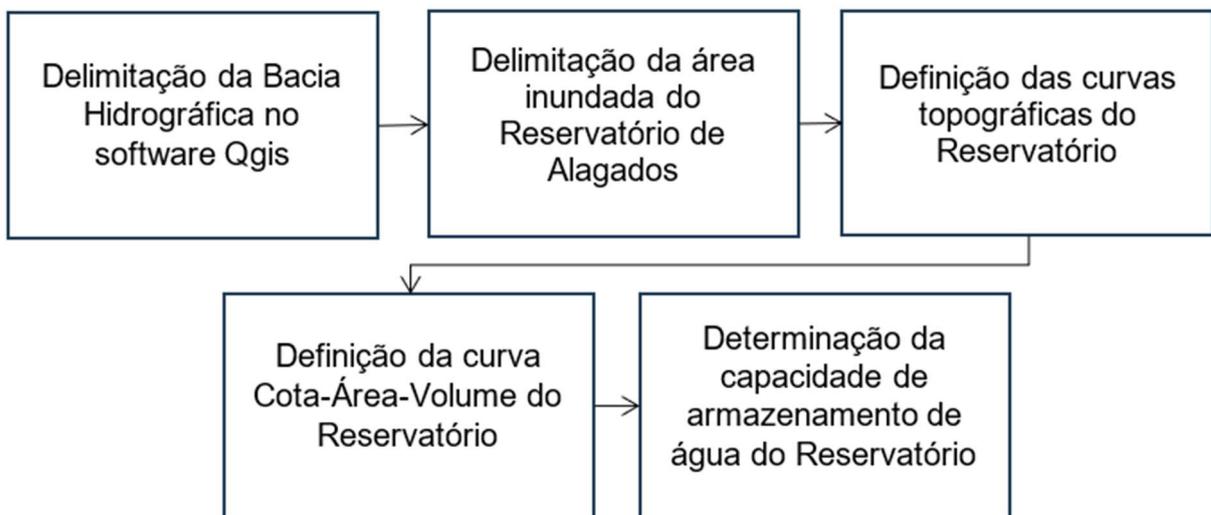
3.6.2 Earth Explorer

O EarthExplorer fornece imagens de radar para domínio público. Seus dados de sensoriamento remoto abrangem imagens aéreas, imagens do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radio), imagens comerciais, modelos digitais de elevação, entre outros. Nesta ferramenta, é possível definir o período, a extensão geográfica e o tipo de imagem almejado. As imagens disponíveis nele, em sua maioria, foram obtidas da missão Landsat (GEO SEM FRONTEIRAS, 2023). Esta missão teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres (EMBRAPA, 2023).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as etapas realizadas a fim de se alcançar os objetivos do trabalho, o qual se tratou de uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória no que tange aos objetivos e de abordagem quali-quantitativa, em que foram estudadas características do volume do Reservatório de Alagados, localizado nos municípios de Ponta Grossa, Castro e Carambeí, no Paraná. Na Figura 9 são apresentadas as principais etapas da pesquisa.

Figura 9 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

A pesquisa se iniciou com a delimitação da bacia hidrográfica, na qual se insere o Reservatório de Alagados, através da utilização do software Qgis, o qual é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que fornece dados geoespaciais gratuitos. Como resultado da utilização desse software, foi obtida a planta planialtimétrica da bacia e o contorno do reservatório, o qual foi utilizado para a definição das curvas de nível através do método de interpolação. Com a obtenção da área de cada curva de nível, foi traçado um gráfico para encontrar a curva cota-área do reservatório. Por fim, utilizando de conceitos matemáticos, obteve-se a curva cota-volume do objeto de estudo, sendo possível, assim, determinar o volume de água em diferentes cotas do mesmo.

4.1 INVESTIGAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA EM QGIS

Neste item é discretizado o passo a passo seguido para a delimitação da bacia hidrográfica de contribuição ao reservatório Alagados. Os detalhes são apresentados com o intuito de não só demonstrar como chegou-se no resultado esperado, mas também, elaborar um roteiro para a delimitação de bacias hidrográficas no geral, utilizando o software QGis.

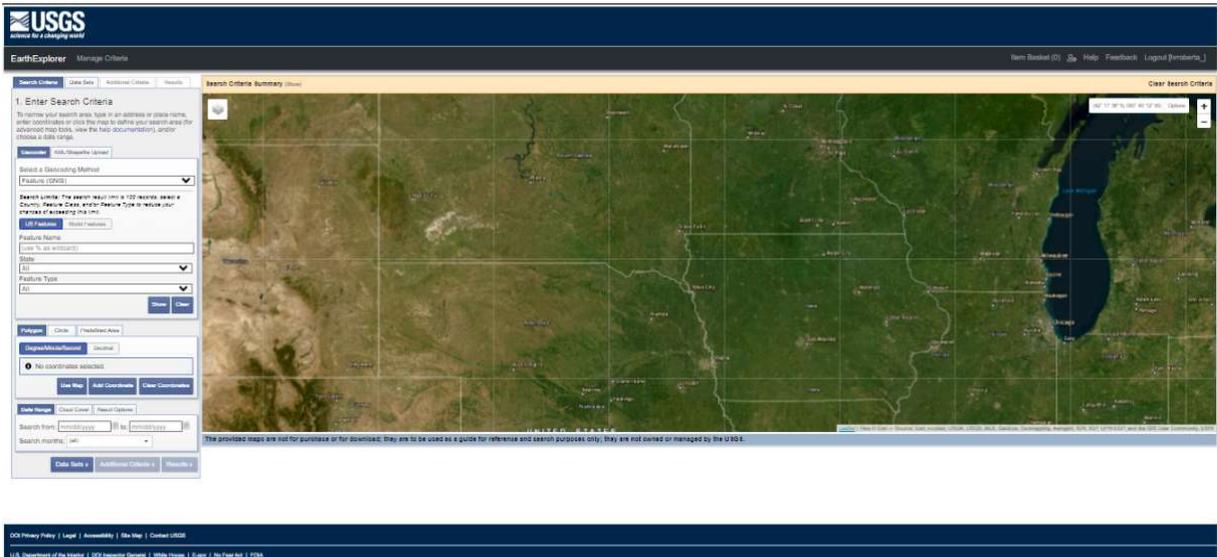
4.1.1 Obtenção do modelo digital de elevação

O software Qgis fornece dados geoespaciais através de diferentes camadas sobrepostas as quais trazem informações de estradas, limites, hidrografia e elevação de um determinado espaço.

Inicialmente, para que seja possível a investigação da bacia através do software, faz-se necessário o alimentar com arquivos os quais contenham estas informações citadas acerca da área de estudo. Na delimitação da bacia, foi utilizado um modelo digital de elevação (MED), o qual é um modelo digital que representa as altitudes da superfície terrestre juntamente aos elementos geográficos existentes sobre ela (IBGE, 2023). Entre as fontes de MED, está o sistema de radar SRTM (“Shuttle Radar Topography Mission”, traduzido para “Missão Topográfica Radar Shuttle”) o qual foi publicado pela NASA e cobre maior parte do mundo.

Para a obtenção de imagens SRTM no trabalho, foi utilizado o EarthExplorer, o qual conta com imagens de satélite gratuitas. A interface inicial do site está apresentada na Figura 10.

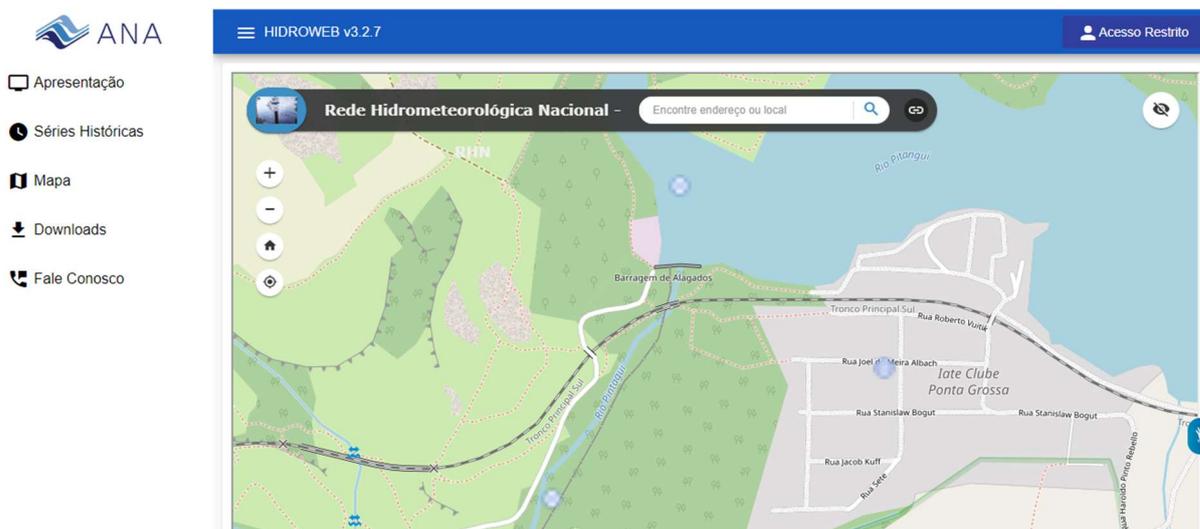
Figura 10 - Interface inicial EarthExplorer



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

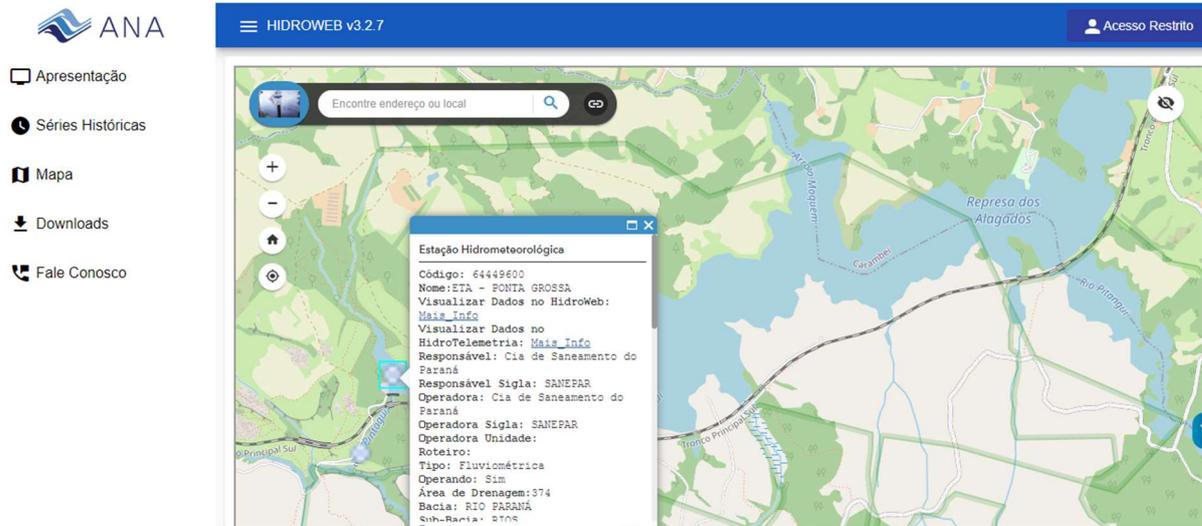
Para que fosse possível localizar a área da barragem no EarthExplorer, primeiramente, foi necessário encontrar as coordenadas da mesma. Essas coordenadas foram encontradas através da ferramenta Hidroweb. Com a ferramenta, localizou-se a estação do tipo fluviométrica denominada de ETA PONTA GROSSA, cujas coordenadas geográficas são -25,018300 em latitude e -50,061700 em longitude. O código de identificação da estação é 6444960. A Figura 11 e a Figura 12 apresentam a localização da barragem e consequente obtenção de suas informações no Hidroweb.

Figura 11 - Identificação da barragem no Hidroweb



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Figura 12 - Identificação das informações da barragem no Hidroweb



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Possuindo as coordenadas geográficas da barragem, foi possível localizar a sua região no EarthExplorer. No menu “Search Criteria”, na aba “Polygon”, foi adicionada uma coordenada com os valores de latitude e longitude da barragem, como mostrado na Figura 13. Esta coordenada facilitou o acesso a barragem no mapa.

Figura 13 - Entrada de coordenadas da barragem no EarthExplorer

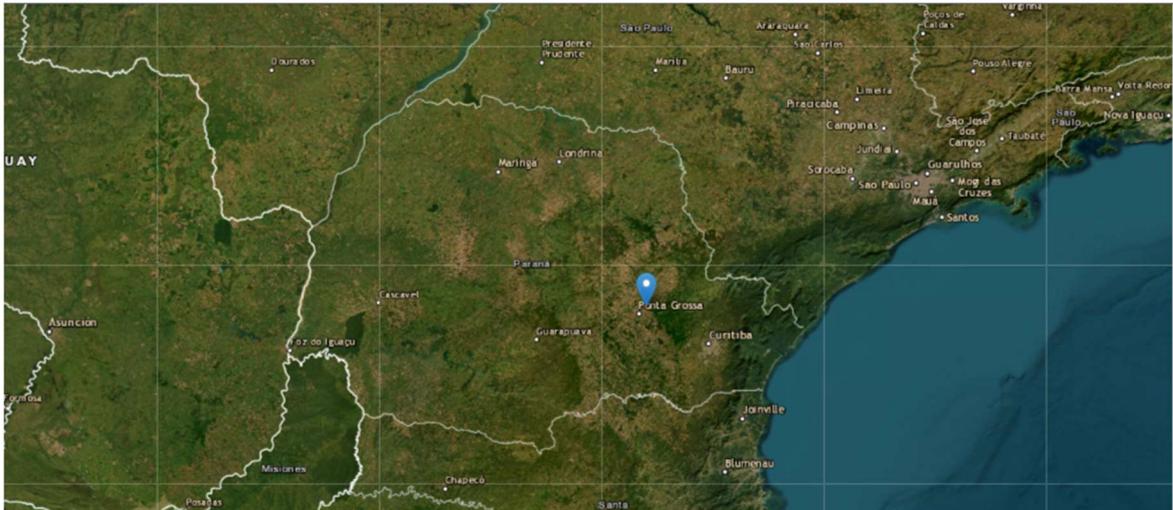
The image shows the 'Search Criteria' tab of the EarthExplorer interface. It is divided into several sections:

- Search Criteria:** Includes instructions on how to narrow the search area by address, coordinates, or date range.
- Geocoder:** Features a 'KML/Shapefile Upload' button and a dropdown menu for 'Select a Geocoding Method' set to 'Feature (GNIS)'. Below this is a 'Search Limits' note and buttons for 'US Features' and 'World Features'.
- Search Fields:** Includes input fields for 'Feature Name' (with a wildcard instruction), 'State' (set to 'All'), and 'Feature Type' (set to 'All'). 'Show' and 'Clear' buttons are at the bottom right.
- Polygon:** Includes buttons for 'Circle' and 'Predefined Area'. It has a format selector for 'Degree/Minute/Second' and 'Decimal', with 'Decimal' selected. A coordinate entry field shows '1. Lat: -25.0183, Lon: -50.0617' with a red 'X' icon. Below are 'Use Map', 'Add Coordinate', and 'Clear Coordinates' buttons.
- Date Range:** Includes buttons for 'Cloud Cover' and 'Result Options'. It has input fields for 'Search from:' and 'to:' (both in mm/dd/yyyy format) and a 'Search months:' dropdown set to '(all)'.

Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

A Figura 14 mostra a localização da barragem da Represa de Alagados em relação ao estado do Paraná, em uma visualização de mapa do EarthExplorer.

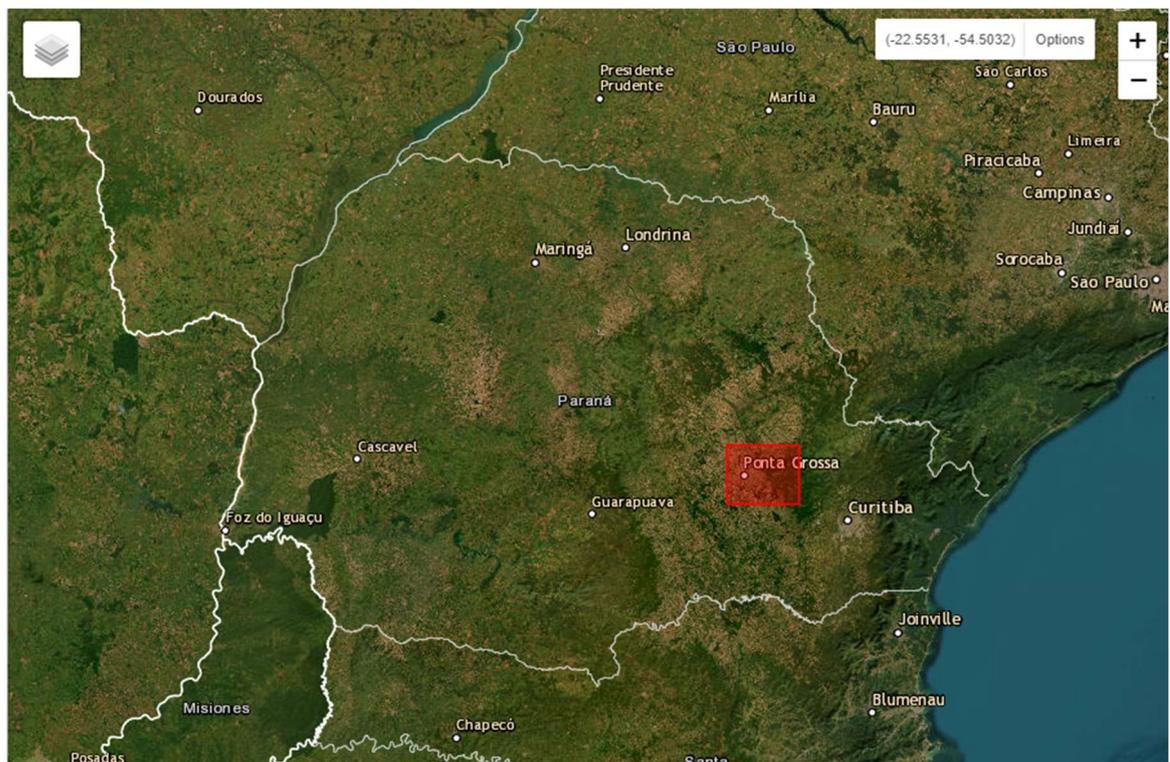
Figura 14 - Destaque da barragem no mapa no EarthExplorer



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Com a localização da barragem, através do comando “Use map”, ainda na aba “Search Criteria”, delimitou-se um polígono, o qual abrange a área da barragem, para que ali fosse feito um recorte do mapa, que pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Região recortada entorno da barragem



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Prosseguindo à obtenção da imagem SRTM no EarthExplorer, no menu “Data Sets”, encontrou-se opção “SRTM 1 Arc-Second Global”, através da sequência Data Sets > Digital Elevation > SRTM > SRTM 1 Arc-Second Global, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Configurações de informação de imagens no EarthExplorer

The screenshot shows the 'Data Sets' selection interface in EarthExplorer. At the top, there are four tabs: 'Search Criteria', 'Data Sets' (selected), 'Additional Criteria', and 'Results'. Below the tabs is a heading '2. Select Your Data Set(s)' followed by instructions: 'Check the boxes for the data set(s) you want to search. When done selecting data set(s), click the *Additional Criteria* or *Results* buttons below. Click the plus sign next to the category name to show a list of data sets.'

There is a checkbox for 'Use Data Set Prefilter (What's This?)' which is unchecked. Below that is a 'Data Set Search:' input field. A light blue informational box states: 'This data set list is cached for performance. If your user permissions have changed or you are not seeing an expected dataset, [click here to refresh your list.](#)'

The main list of data sets is organized into categories, each with a plus sign icon to its left:

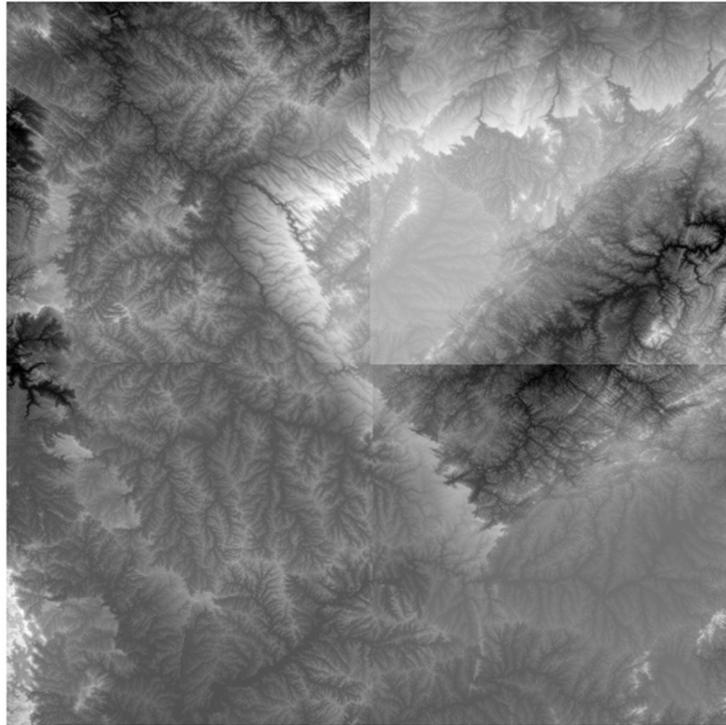
- Aerial Imagery
- AVHRR
- CEOS Legacy
- Commercial Satellites
- Declassified Data
- Digital Elevation (expanded)
 - CoNED TBDEM
 - EDNA
 - GMTED2010
 - GTOPO30
 - GTOPO30 HYDRO 1K
 - IFSAR Alaska
 - SRTM 1 Arc-Second Global
 - SRTM Non-Void Filled
 - SRTM Void Filled
 - SRTM Water Body Data
- Digital Line Graphs

At the bottom of the interface, there are three buttons: 'Clear All Selected', 'Additional Criteria >', and 'Results >'.

Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Finalizando a obtenção das imagens SRTM da localização do reservatório de Alagados, prosseguiu-se selecionando o botão de “Results” e, assim, foram obtidas quatro imagens SRTM da região da bacia hidrográfica da barragem (Figura 17).

Figura 17 - União de imagens SRTM da área abrangendo a bacia da barragem



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Possuindo as imagens SRTM do reservatório, foi possível uni-las em um mosaico no Qgis. Com este mosaico, iniciou-se a delimitação propriamente dita da bacia.

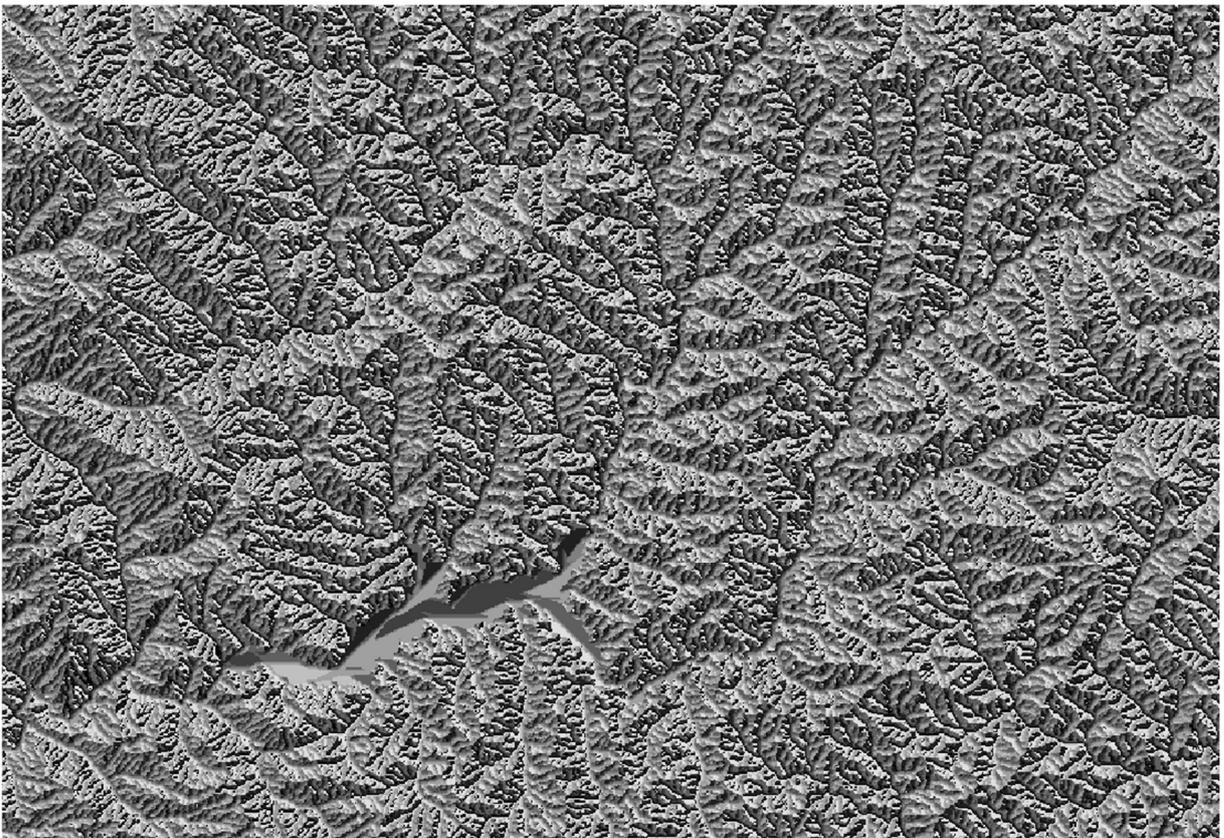
4.1.2 Delimitação da Bacia Hidrográfica

Dando início a um projeto novo no Qgis, adicionou-se o modelo digital de elevação como uma primeira camada. Dentro da Caixa de Ferramentas de Processamento, utilizou-se o comando `r.fill.dir`, a fim de identificar pontos com valores inferiores a todas as células adjacentes e remover locais onde não há escoamento de água, ou seja, nas depressões. Para a utilização deste comando, tomou-se como base a camada referente ao mosaico determinado anteriormente. Após o processamento, o software adicionou, nas camadas do projeto, uma camada com estas correções de depressões, a qual foi utilizada nos passos posteriores.

Nas propriedades desta camada criada, para a simbologia, optou-se pela visualização em banda simples cinza com gradientes de cores em preto e branco, com valores mínimos de 245 e máximo de 1131. Com isso, obteve-se uma imagem com poucas alterações, mas que foram necessárias para o funcionamento do algoritmo do software.

Para continuar a delimitação da bacia, foi possível determinar a direção de fluxo da água, utilizando do comando `r.watershed`, também encontrado na Caixa de Ferramentas de Processamento. Nos parâmetros dessa ferramenta, foi alterado apenas o Tamanho Mínimo das Bacias Exteriores para o valor de 100 e, em seguida, a ferramenta foi processada, criando-se uma camada com essas propriedades. Como na camada anterior, esta possui função fundamental para o funcionamento do algoritmo, mas, desta vez, com outras características visualmente, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Camada DrainageDirection



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

O próximo procedimento necessário foi a identificação do exutório da bacia que está sendo delimitada. Para isso, no menu WEB e na opção QuickMapServices, utilizou-se o BingSatellite (Figura 19) como parâmetro de visualização do reservatório.

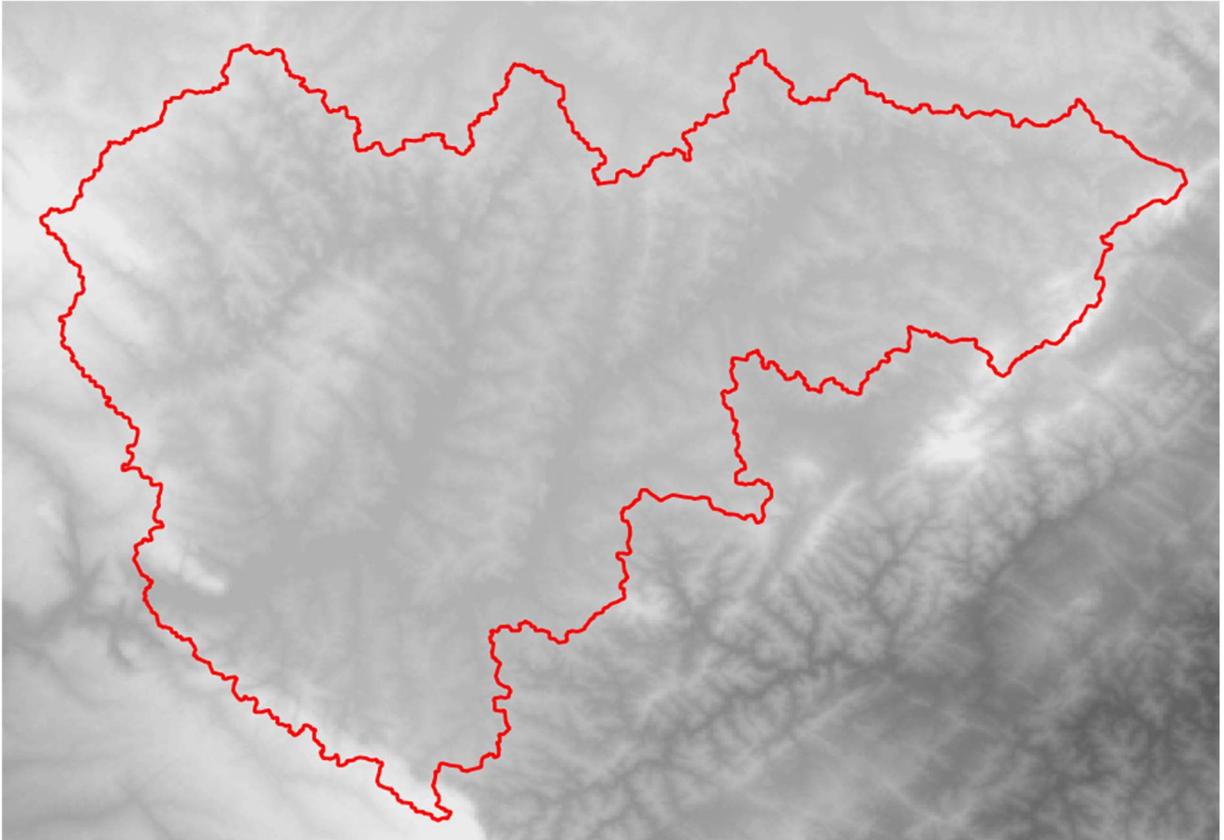
Figura 19 - Camada BingSatellite



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Neste momento, utilizou-se o comando `r.water.outlet` com a camada `DrainageDirection` como opção de entrada. Para identificação das coordenadas de base, optou-se por usar a ferramenta manual, clicando em um ponto a montante da barragem. Após o processamento da ferramenta, a camada nomeada como `Basin` foi criada. Depois disso, foi necessário transformar a área da bacia em uma camada vetorial, através do comando `r.to.vect`. Executando esta ferramenta, e alterando nas propriedades a simbologia para uma figura apenas com contorno externo na cor vermelha, obteve-se a camada da delimitação da bacia juntamente com a camada SRTM determinada anteriormente (Figura 20).

Figura 20 - Delimitação da Bacia Hidrográfica



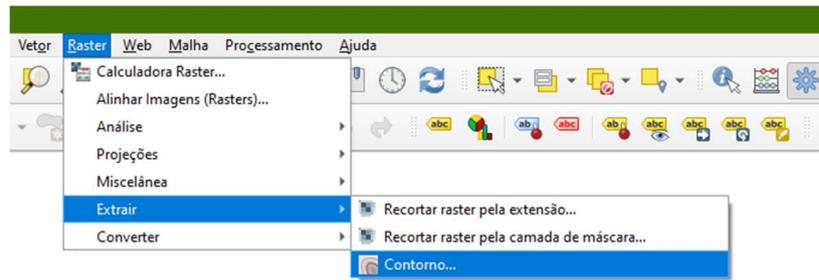
Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Portanto, com o Modelo Digital de Elevação da região onde se insere o reservatório, o software estudou o relevo, encontrando as linhas de drenagem da bacia, bem como o seu exutório. Desta maneira, a bacia hidrográfica está delimitada, sendo possível a realização dos próximos estudos.

4.1.3 Delimitação da área inundada pelo reservatório

Com o intuito de encontrar as curvas de nível da bacia hidrográfica, o software QGis possui o comando “Contorno”, encontrado no caminho demonstrado na Figura 21.

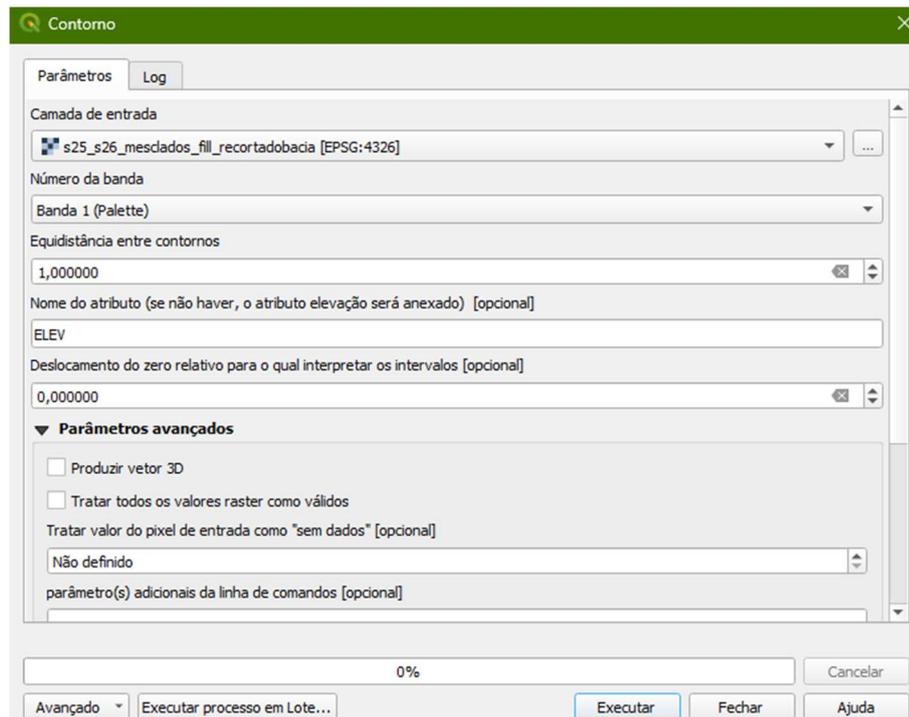
Figura 21 - Ferramenta para obtenção de curvas de nível no QGIS



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Para que fossem delimitadas as curvas de 1 em 1 metro, foi necessário atribuir essa condição ao processador, através do item “Equidistância entre contornos”, como apresentado na Figura 22.

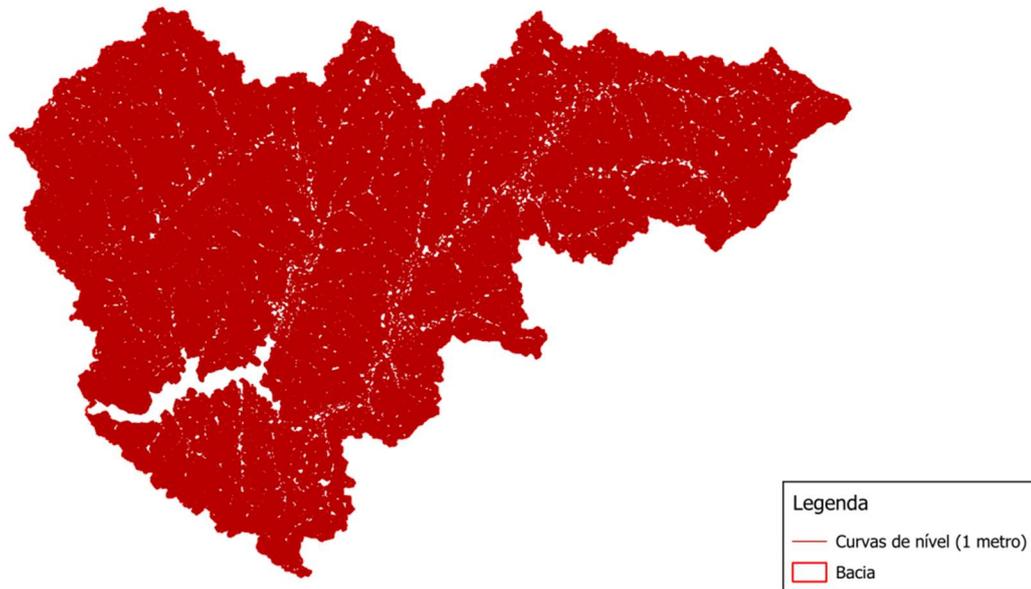
Figura 22 - Configuração das curvas de nível no QGIS



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Desta maneira, encontraram-se as curvas de nível, distanciadas de 1 em 1 metro, da bacia hidrográfica de contribuição ao Reservatório de Alagados, como mostrado na Figura 23.

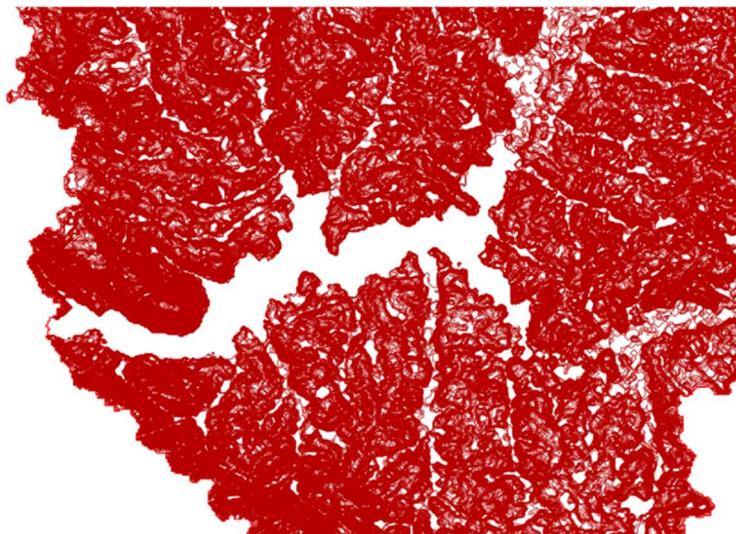
Figura 23 - Curvas de nível distanciadas em 1 metro da bacia hidrográfica



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Observou-se que, no momento em que a imagem SRTM foi coletada, a curva de nível mais baixa estava na cota 924 (Figura 24), assim, adotou-se o traçado desta curva como sendo a área alagada do reservatório e entendeu-se que todas as cotas abaixo dessa estariam cobertas por água. Com isso, foi obtido o traçado do reservatório, o qual foi utilizado nos passos seguintes, para a determinação da curva cota-área-volume.

Figura 24 - Traçado do reservatório a partir da cota 924



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

4.2 DEFINIÇÃO DA CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO

Para que seja possível a definição da curva cota-volume de determinado reservatório, como explicado no item 3.4.4, antes se faz necessário a definição da curva cota-área do mesmo. Para a definição dessa curva, foi utilizado o mapa topográfico, com as curvas de nível, da área alagada do reservatório.

A partir do software QGis, como explícito no item anterior, ocorreu a delimitação da bacia hidrográfica do reservatório, definindo o seu contorno. Com o software, foi possível definir as curvas de nível de 1 em 1 metro da bacia, todavia, ele não conseguiu processar as curvas presentes abaixo da lâmina de água, sendo estas as necessárias para o trabalho. A última curva de nível encontrada, segundo resultado do software, foi a do nível 924, a qual foi definida como sendo a cota da lâmina de água do reservatório, como já dito anteriormente.

Para dar continuidade aos estudos, fez-se necessário utilizar outro método para a definição das curvas de nível dentro da área alagada do reservatório. O método encontrado para isso foi o de definir as curvas restantes através da interpolação gráfica das mesmas.

4.2.1 Interpolação das curvas topográficas

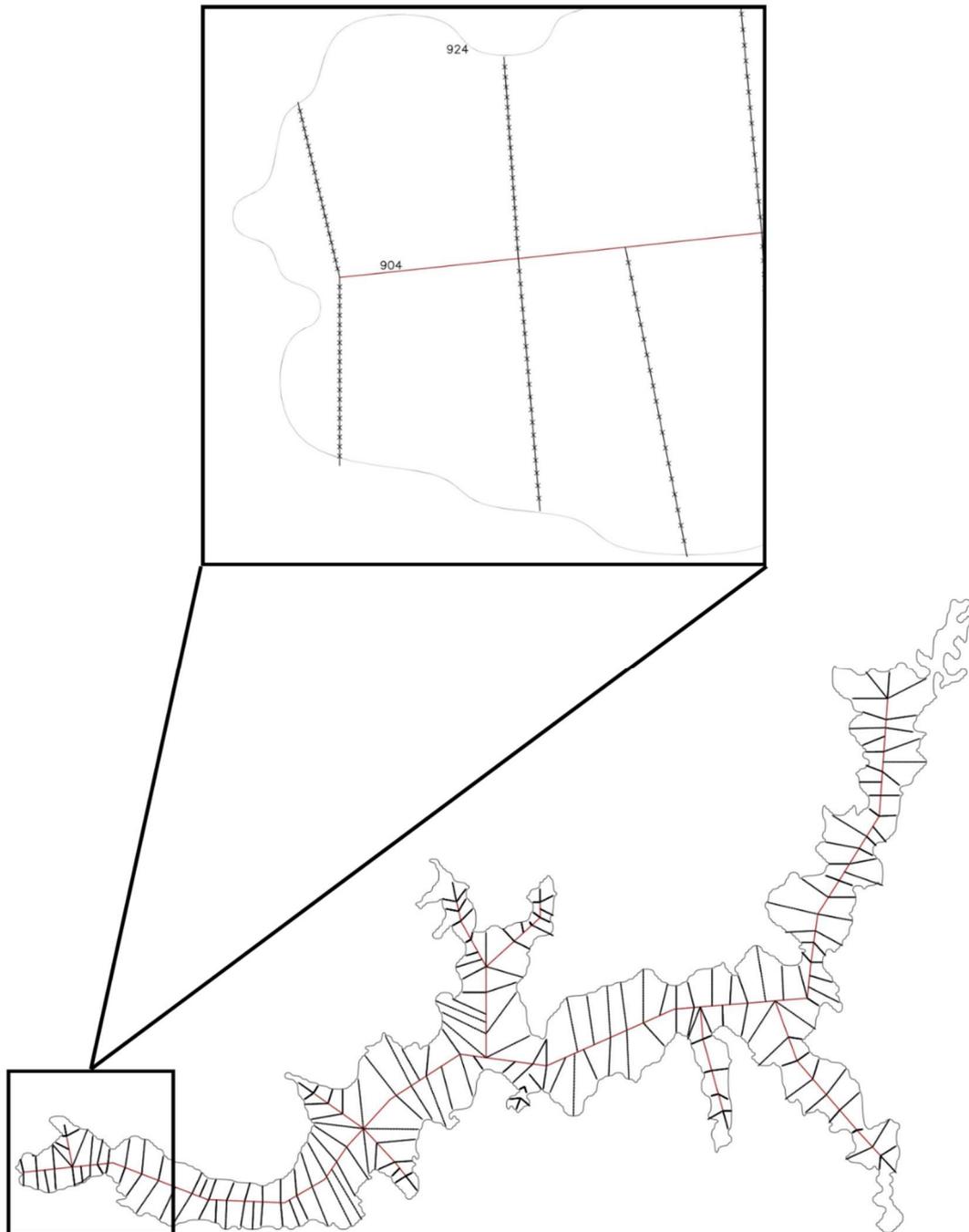
Para a realização da interpolação das curvas, foi necessário o auxílio do software, do tipo CAD (desenho auxiliado por computador), AutoCAD. Como primeiro passo, foi exportado o traçado do contorno do reservatório, obtido no QGis, para o importar para o software de desenho.

Após isso, foi traçada uma polilinha na região central da delimitação do reservatório, representando a cota 904. A linha central foi definida como esta pois, por meio dos dados de Goulart (2001) apud Moro et al. (2005), foi obtida a informação de que a barragem do reservatório possuía profundidade máxima de 14 metros em relação a cota da lâmina d'água na época dos estudos, a qual estava no nível 918. Unindo este conhecimento com o adquirido no software de geoprocessamento, o qual definiu que o nível máximo de água no reservatório está na cota 924, compreendeu-se que a cota mínima de água estaria no nível 904 metros.

Em seguida, foram traçadas linhas auxiliares entre o traçado da região central, da cota 904, e a margem da delimitação, na cota 924, e cada uma dessas linhas auxiliares foi dividida em 20 pontos equidistantes, sendo que cada ponto se refere a uma cota de nível, como mostra a Figura 25. Posteriormente, uniu-se todos os pontos

referentes a uma mesma cota e obteve-se as curvas de nível da área alagada pelo reservatório.

Figura 25 - Traçado de pontos equidistantes para definição das curvas de nível do reservatório



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

4.2.2 Definição da curva cota-área-volume

Com a determinação das curvas de nível no AutoCAD, uniu-se as linhas das mesmas em uma polilinha, para que, utilizando o comando “Propriedades” do software, fosse possível obter a área de contribuição gerada por cada curva de nível. Assim, juntou-se esses dados com os de cota, em uma tabela no Excel. Os valores foram corrigidos por meio do método dos mínimos quadrados, empregando para tanto os dados de Moro *et al.* (2005). Por fim, com os dados corrigidos, chegou-se na curva cota-área do reservatório.

Em seguida, para determinar o volume ocupado, utilizou-se o método das áreas médias para integrar as áreas das cotas 905 a 923, juntamente com a equidistância vertical, nesse caso, de 1 metro. Posteriormente, com os dados de volume encontrados para cada cota individualmente, determinou-se o somatório acumulado de volume em cada nível de água no reservatório.

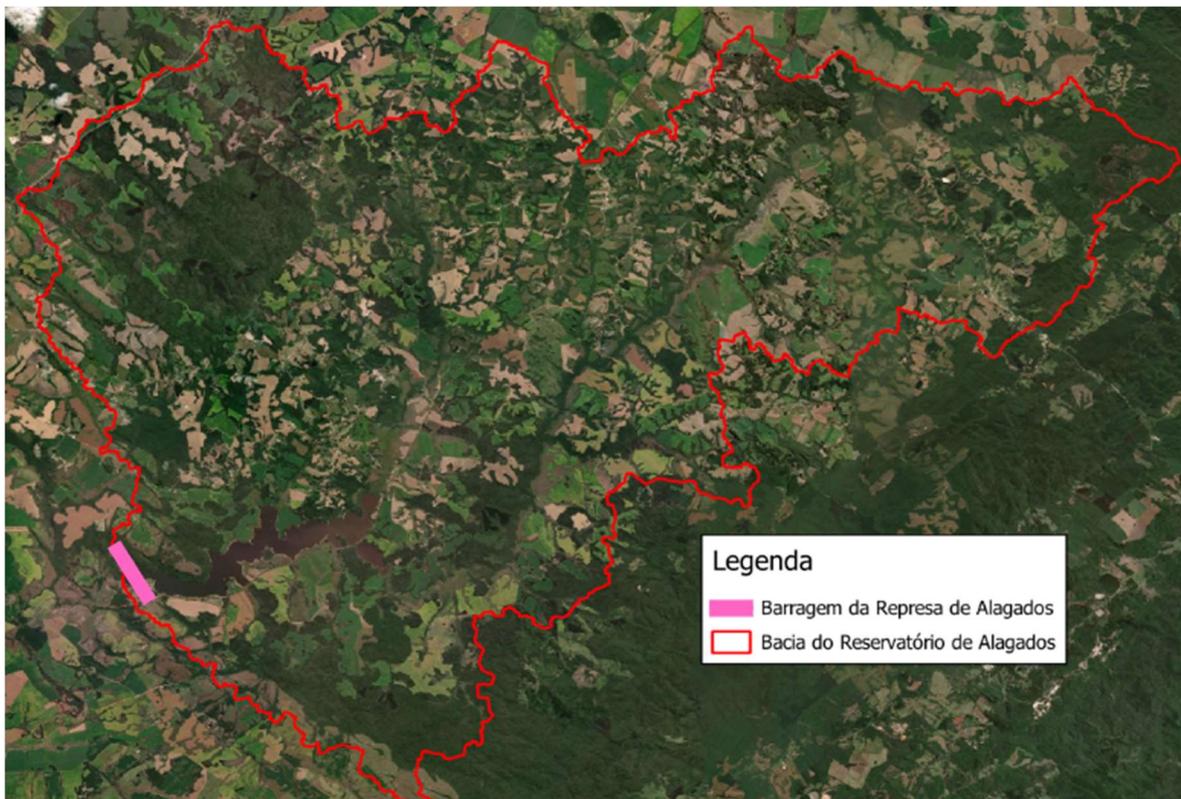
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo é fornecida a delimitação final da bacia hidrográfica do Reservatório de Alagados, com os corpos d'água que o alimentam e o relevo em seu entorno. Junto a isso, são apresentados os dados obtidos, de cota, área e volume, utilizados para a obtenção da curva cota-área-volume do reservatório.

5.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO DE ALAGADOS

O software QGis, com o fornecimento do modelo digital de elevação (MED) da área do reservatório, delimitou a bacia hidrográfica do reservatório, através de cálculos baseados na direção de fluxo e posição do exutório da bacia, este o qual foi posicionado nas coordenadas da barragem. Os resultados dessas etapas, por fazerem parte do processamento do software, já foram apresentados na metodologia deste estudo. Nesse momento, será apresentada a delimitação final da bacia hidrográfica, juntamente com a visualização da camada de satélite e a posição da barragem da Represa de Alagados, como se mostra na Figura 26.

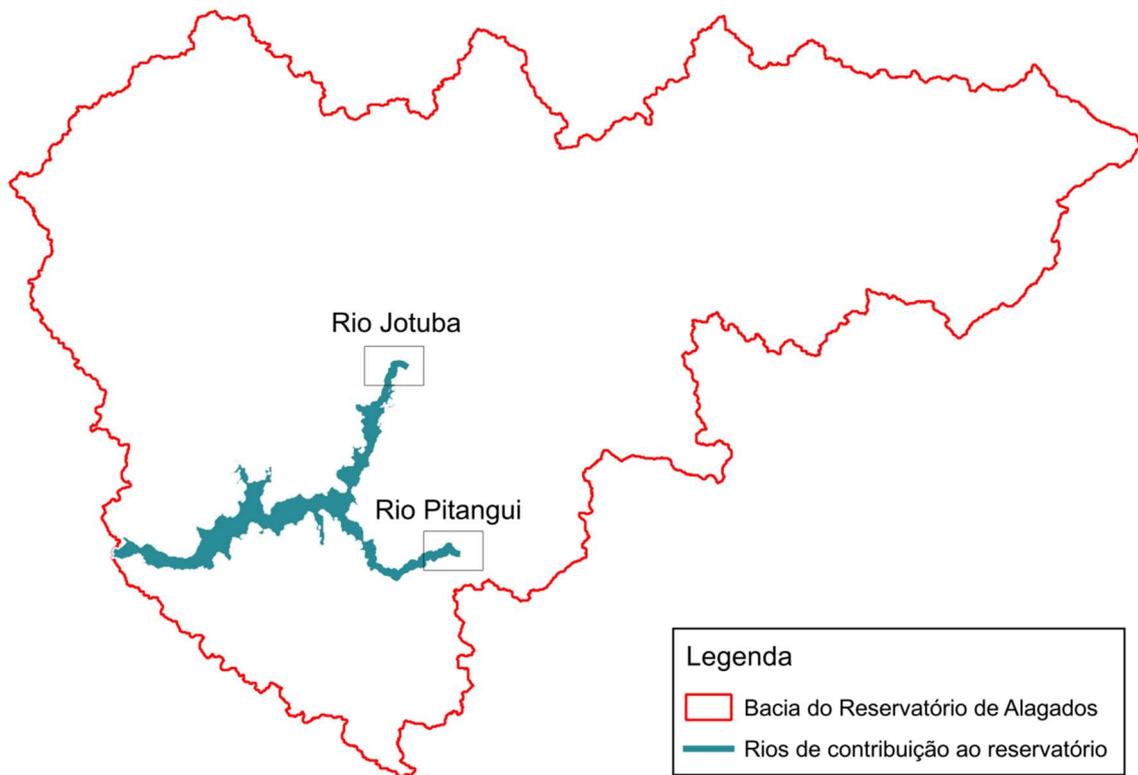
Figura 26 – Barragem da Represa de Alagados em relação à bacia de contribuição



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Com a delimitação da bacia, juntamente com as imagens de satélite da região, pôde-se observar outros fatores de interesse acerca do Reservatório de Alagados, como as posições, em relação a ele, dos rios de contribuição para a sua formação. É isto que se mostra na Figura 27. Neste ponto, faz-se necessário ressaltar que a figura foi utilizada apenas como uma representação dos rios que foram represados para a formação do lago. Assim, o comprimento dos caminhos que eles seguem não são os totais, já que, segundo os dados obtidos de Moro *et al.* (2005), os rios se estendem por quilômetros desde as suas fozes até a barragem do reservatório.

Figura 27 - Rios de contribuição ao Reservatório Alagados

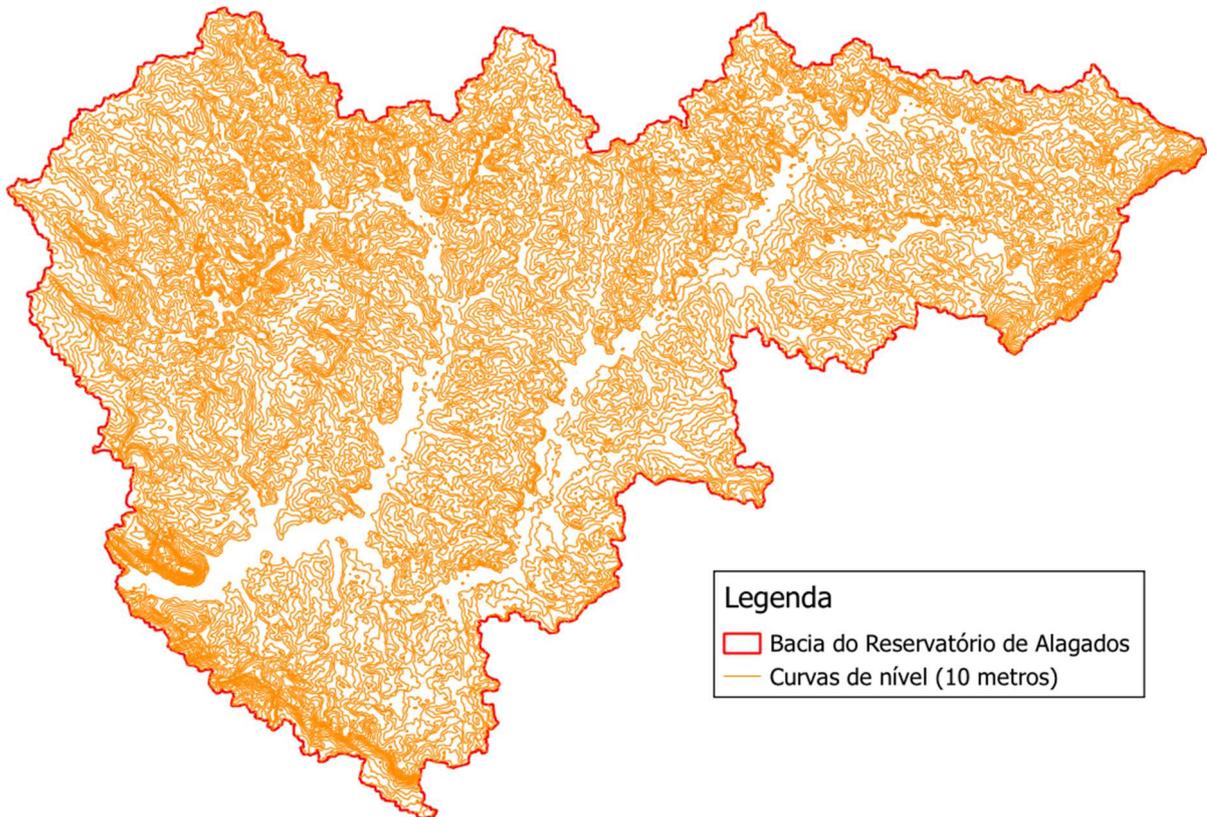


Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Outro ponto que foi possível ser estudado brevemente foi o relevo entorno do reservatório. As curvas de nível de 10 em 10 metros, também obtidas no software QGis, permitiram a visualização da topografia da região da bacia como um todo. Como se mostra na Figura 28, o relevo acompanha o caminho dos rios Jotuba e Pitangui, tornando-se mais acentuado próximo às margens dos corpos d'água, isto sendo possível visualizar através da maior proximidade das curvas nestas regiões. Outro

agente interessante de se notar é o relevo aos lados da barragem, observando a concentração de curvas de nível, entende-se que ali há declives marcantes.

Figura 28 - Curvas de nível distanciadas em 10 metros da bacia hidrográfica

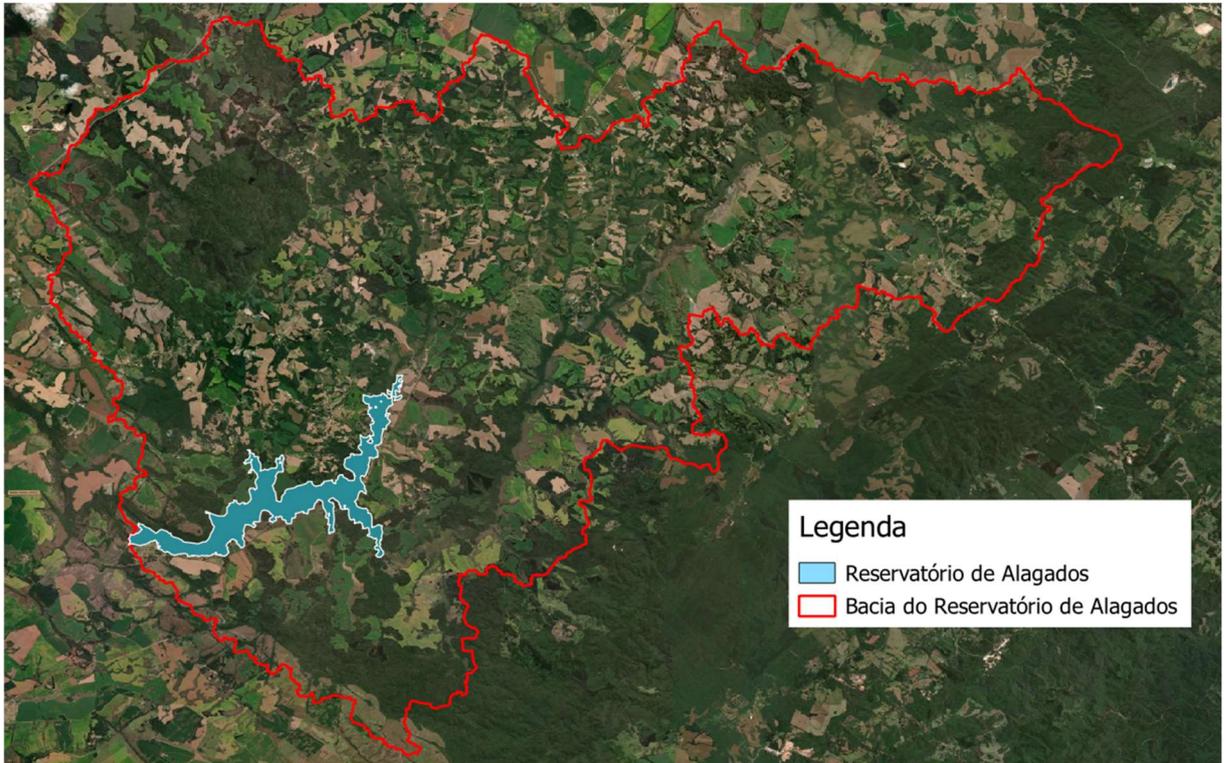


Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

5.2 ÁREA INUNDADA DO RESERVATÓRIO DE ALAGADOS

A delimitação do Reservatório de Alagados foi determinada a partir da área inundada na cota 924 e utilizando ferramentas do software QGis. A Figura 29 mostra a região obtida do contorno do reservatório dentro da bacia delimitada, sendo que a mesma é compatível com a área alagada visualizada na imagem de satélite. A Figura 30 mostra com maior evidência o contorno do reservatório delimitado a partir da cota 924.

Figura 29 - Reservatório de Alagados na bacia hidrográfica



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Figura 30 - Reservatório de Alagados

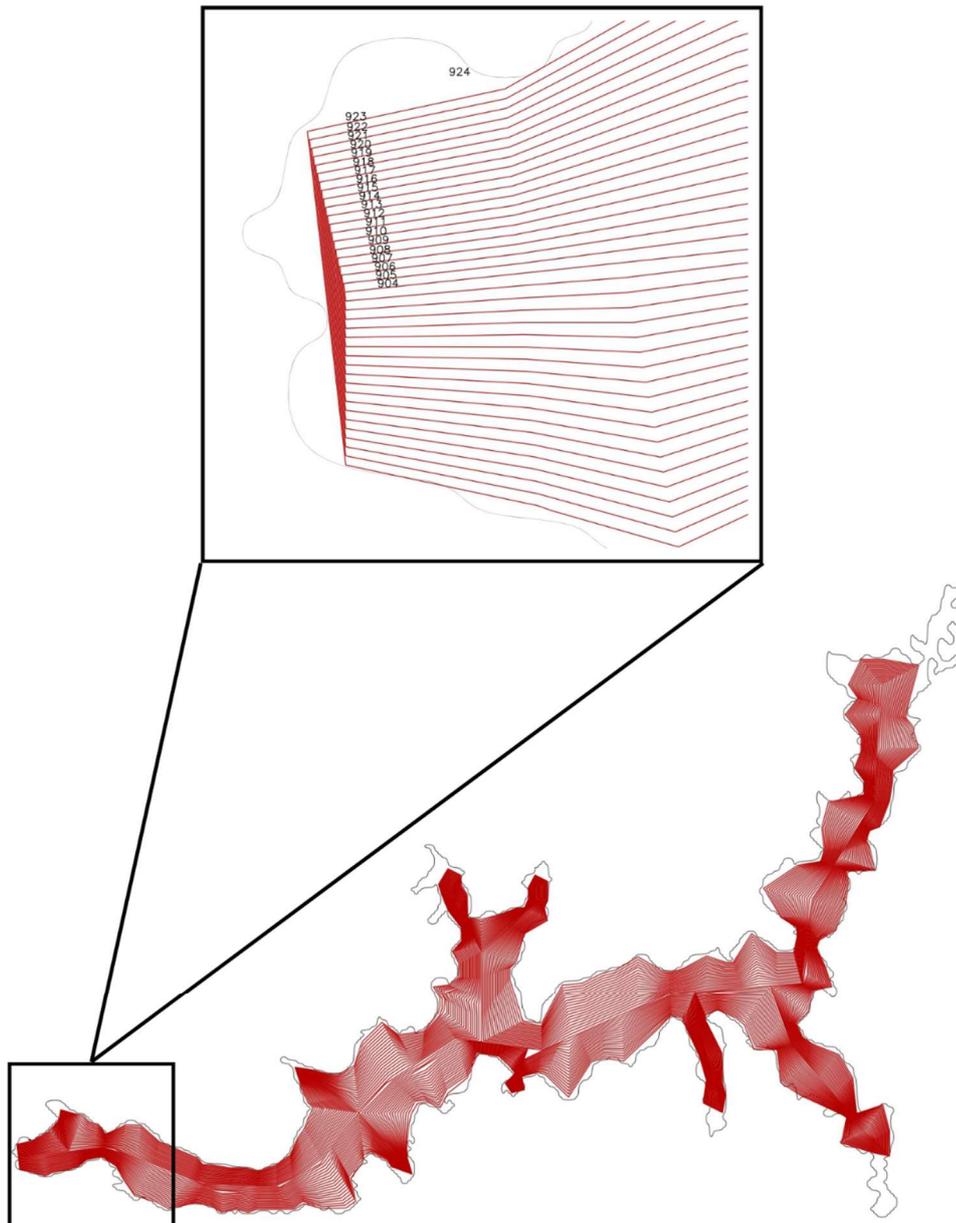


Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

5.3 CURVAS TOPOGRÁFICAS DO RESERVATÓRIO

Já exposto na metodologia do trabalho, as curvas topográficas dentro da área inundada do reservatório, as quais dão forma ao mesmo, foram obtidas de maneira manual através de interpolação gráfica no software AutoCAD. Na Figura 31 estão apresentadas estas curvas.

Figura 31 - Curvas de nível do Reservatório de Alagados



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

5.4 CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO

Como esclarecido no item 4.2.2 do estudo, os dados de cotas topográficas do reservatório, juntamente com os valores das áreas das curvas de nível presentes nelas, foram obtidos por meio do software AutoCAD e corrigidos pelo método dos mínimos quadrados. Na Tabela 1 estão apresentados estes dados corrigidos.

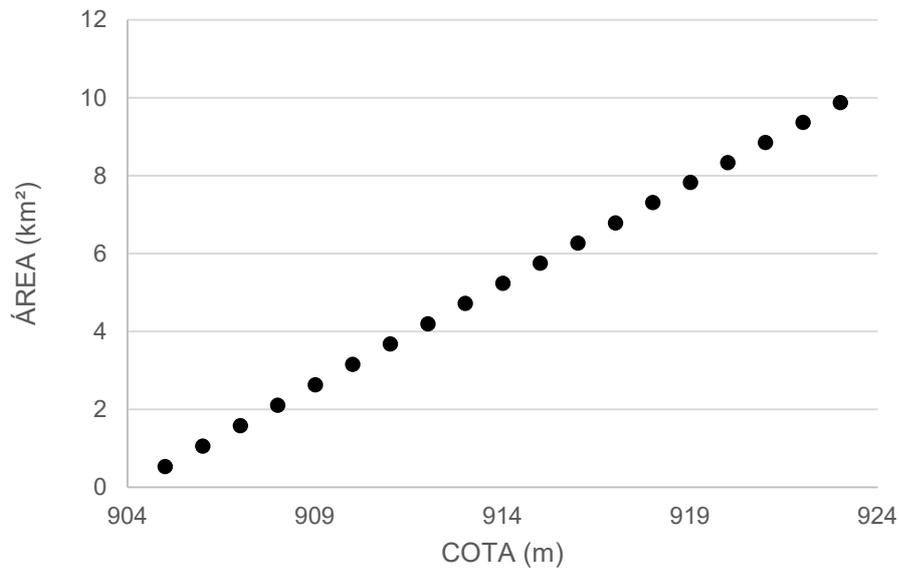
Tabela 1 - Valores de cota e área do reservatório

Cota (m)	Área corrigida (km ²)
905	0,5346
906	1,0579
907	1,5833
908	2,1093
909	2,6299
910	3,1541
911	3,6752
912	4,1953
913	4,7160
914	5,2344
915	5,7532
916	6,2709
917	6,7886
918	7,3052
919	7,82312
920	8,33568
921	8,84893
922	9,36638
923	9,8767

Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Inserindo estes dados em um gráfico, obteve-se a curva cota-área do Reservatório de Alagados.

Figura 32 - Gráfico da Curva Cota-Área do Reservatório de Alagados



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

As curvas cota-área-volume falam a respeito do formato geométrico de reservatórios. Agrupando os resultados obtidos nesta etapa, com a delimitação final da área inundada pelo Reservatório de Alagados, apresentada no item 5.2, compreende-se que o reservatório apresenta um formato com um declive acentuado. É necessário entender que os resultados obtidos são uma aproximação da realidade, levando em conta o fato de que não foram realizados estudos batimétricos do local e que as curvas submersas foram estimadas de maneira equidistante, assim, pode-se haver irregularidades em sua geometria, as quais não foram consideradas.

Porém, unindo o conhecimento de que o reservatório possui uma relativa pequena largura em relação a sua profundidade máxima, infere-se que as curvas de nível dentro dele se mostram próximas umas das outras, assim como foi mostrado na Figura 23. Analisando o gráfico da Figura 32 e compreendendo que a área de cada lâmina d'água diminui conforme aumenta a profundidade, prevê que a forma do reservatório é semelhante à de um tronco de cone. Com a obtenção da curva cota-área do reservatório, faz-se possível a estimativa de volumes evaporados e precipitados no espelho d'água do mesmo, em estudos futuros.

Finalmente, utilizando dos dados da Tabela 1, obteve-se, também, os valores de cota e volume do reservatório, apresentados na

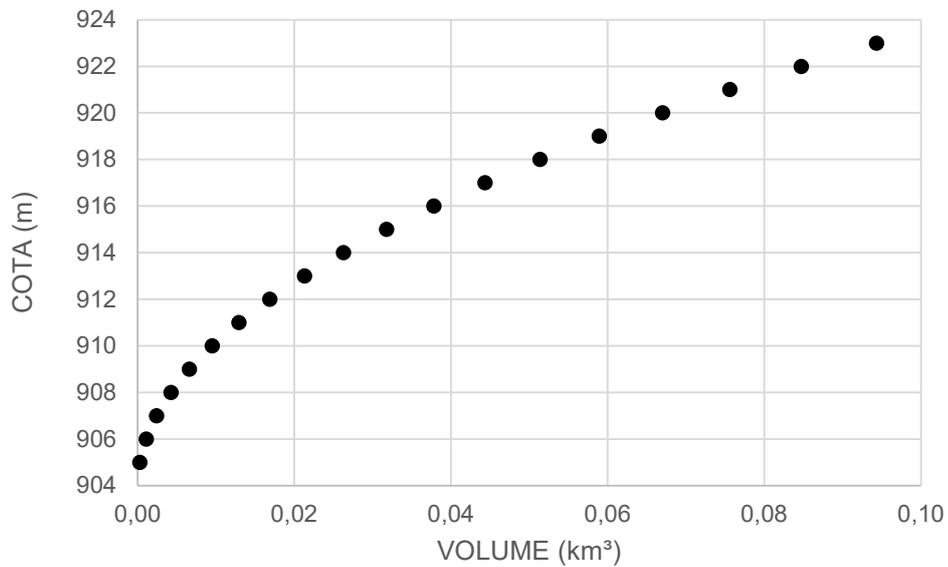
Tabela 2, os quais foram determinados pelo método das áreas médias. E assim, compilando os valores da tabela em um gráfico de dispersão, chegou-se na curva cota-volume do reservatório de Alagados, no Paraná, está sendo demonstrada na Figura 33.

Tabela 2 -Valores de cota e volume do reservatório

Cota (m)	Volume (km ³)	Volume acumulado (km ³)
905	0,000267	0,000267
906	0,000796	0,001064
907	0,001321	0,002384
908	0,001846	0,004231
909	0,002370	0,006600
910	0,002892	0,009492
911	0,003415	0,012907
912	0,003935	0,016842
913	0,004456	0,021298
914	0,004975	0,026273
915	0,005494	0,031767
916	0,006012	0,037779
917	0,006530	0,044309
918	0,007047	0,051356
919	0,007564	0,058920
920	0,008079	0,067000
921	0,008592	0,075592
922	0,009108	0,084700
923	0,009622	0,094321

Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Figura 33 - Gráfico da Curva Cota-Volume do Reservatório de Alagados



Fonte: Schneckenberg e Rodrigues (2023).

Estudando os resultados apresentados pela Tabela 2 e pelo gráfico da Figura 33, entende-se que possuir curvas de cota-volume de reservatórios auxilia na obtenção de importantes considerações acerca dos mesmos, as quais dizem à respeito da capacidade do reservatório. Observa-se, na Figura 33, que a partir da cota 917, pela maior aproximação dos pontos, o volume do reservatório começa a diminuir mais rapidamente, caindo a capacidade do reservatório. Com isso, sabe-se que, quando as leituras de níveis de água aproximarem-se desta cota, é preciso um maior cuidado no gerenciamento do reservatório, pois, a partir deste ponto, o seu volume de reserva começa a diminuir mais consideravelmente.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o objetivo de estudar características acerca da capacidade de armazenamento do Reservatório de Alagados, importante manancial de abastecimento da cidade de Ponta Grossa, utilizando, para isso, da delimitação da bacia hidrográfica na qual o mesmo está inserido. O estudo foi pautado na compreensão de que os recursos hídricos mundiais são finitos e de complicada mensuração futura, assim, mostra-se cada vez mais necessário agrupar dados que forneçam maneiras de diagnosticar a disponibilidade de recursos futuros e que possibilitem o correto gerenciamento dos mesmos.

Possuindo a curva cota-área-volume do Reservatório de Alagados, fornecida neste trabalho, é possível identificar os diferentes volumes do reservatório, que são atingidos em cada cota de nível, e entender em que momento é necessário maiores cuidados quanto a capacidade de abastecimento da represa. Como explicado anteriormente, esse momento de maiores cuidados se refere quando a altura da água se aproxima da cota 917, pois, através do curva cota-volume, foi notada certa intensificação nas suas variações quando observado as cotas inferiores a ela.

Esse dado contribui para que os órgãos responsáveis pelo sistema de abastecimento e distribuição de água da cidade de Ponta Grossa, entre eles a Sanepar, possam tomar medidas cabíveis, evitando momentos de estresse hídrico, como vivenciado entre os anos de 2019 e 2021. Outra contribuição deste trabalho, é que ele pode ser utilizado como base para estudos futuros que envolvam a utilização de ferramentas oferecidas pelo software QGis, servindo como um roteiro para o desenvolvimento de delimitações de bacias hidrográficas a partir de modelos digitais de elevação e extração das curvas topográficas de uma área estudada.

Ao longo do desenvolvimento do estudo, encontraram-se algumas limitações durante o uso da ferramenta QGis no momento em que o software não detectou as curvas de níveis interiores a curva de 924 metros. Com isso, foi necessário a implementação de novos conhecimentos que não estavam definidos na metodologia para seguir com o trabalho.

Definida a capacidade de armazenamento do reservatório, é possível, em estudos futuros, aprofundar ainda mais os conhecimentos sobre a Represa de Alagados e desenvolver estimativas de volumes evaporados e precipitados no espelho d'água, e com isso, verificar a influência desses aspectos na curva cota-área-volume do reservatório ao longo das estações do ano. Além disso, se obtidos dados referentes

à qualidade da água da cidade durante um certo período, é possível desenvolver análises quanto a relação entre a qualidade da água bruta e o volume de água armazenado.

E, com isso, se caminhará para um mais efetivo e correto gerenciamento dos recursos hídricos que abastecem a cidade de Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS

AENPR. Agência Estadual de Notícias do Paraná. **Com estiagem, agricultura paranaense estima redução nas safras de soja, milho e feijão**. gov.br 2022. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-estiagem-agricultura-paranaense-estima-reducao-nas-safras-de-soja-milho-e-feijao>>. Acesso em: 20 maio 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. gov.br 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 20 maio 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Divisão Hidrográfica segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Catálogo de Metadados da ANA 2013. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/623673f5-4594-4f0f-96a1-78558083e8d9>>. Acesso em: 23 out. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. gov.br 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 25 out. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **RESOLUÇÃO ANA Nº 77, DE 1º DE JUNHO DE 2021**. gov.br 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ana-n-77-de-1-de-junho-de-2021-323553340>>. Acesso em: 18 maio 2023.

ANDRADE FILHO, Alceu Gomes de; DOMINGUES, Aline Bensi; SCHAMNE, Terezio Marcelo. **Hidrogramas Unitários nas Seções de Estudo dos Tributários do Manancial Alagados em Ponta Grossa- PR**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 3, n. 2, p. 107-117, 2011.

BEZERRA, Bruno Elias. **Foto aérea capta nova paisagem do Alagados**. AREDE, 2020. Disponível em: <<https://arede.info/ponta-grossa/326543/foto-aerea-capta-nova-paisagem-do-alagados?d=1https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 29 out. 2023.

BARBOSA JUNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de Hidrologia aplicada**. Editora Blucher, 2022.

BARBOSA, Mariana Ferreira. **Caracterização radioquímica, química e mineralógica do lodo da estação de tratamento de água de Ponta Grossa-PR**. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução 32, 15 de outubro de 2003. Institui a divisão hidrográfica do Brasil. Brasil, 2003.

BRASIL. Lei nº 9433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Data da legislação: 08/01/1997. Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasil, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 302**, de 20 de março de 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 15 de junho de 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011.

BUSATO, Raquel Hubie. **Monitoramento do Reservatório Alagados, Ponta Grossa-PR com ênfase em cianotoxinas**. Monografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.

DE CARVALHO, Angela Regina Livino. **Reservatórios de regularização de usinas hidrelétricas: contribuição para uma matriz energética mais limpa**. Tese de Doutorado. Tese (Tese em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

DA SILVA JUNIOR, Orleno Marques; FUCKNER, Marcus André; BAIA, Maxwell Moreira; SANTOS, Leonardo Souza dos; PINHEIRO, Cleane do Socorro da Silva. **Comitê da bacia Hidrográfica do rio Araguari como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Amapá**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 05, p. 2771-2789, 2021.

DA SILVA NETTO, Joviniano Pereira. **PANORAMA DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 11, n. 2, p. 241-258, 2022.

DA SILVA, Fabio Leandro; FUSHITA, Ângela Terumi; SANTINO, Marcela Bianchessi da Cunha; BIANCHINI JÚNIOR, Irineu; VENEZIANI JÚNIOR, José Carlos Toledo. **Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Água na agricultura**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 29 out. 2023.

FINKLER, Raquel. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Unidade 1 Bacia Hidrográfica. p. 1-55. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília, 2017.

FURIGO, Renata de Faria Rocha; SAMORA, Patricia Rodrigues. **O Fórum Mundial da Água e o FAMA: conflitos e perspectivas para o século XXI**. Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD, [S. l.], v. 40, n. 136, p. 31, 2019. Disponível em: <<https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/977>>. Acesso em: 25 out. 2023.

GEO SEM FRONTEIRAS. **USGS Earth Explorer: Baixe imagens gratuitas do Landsat**, 2023. Disponível em: <<https://geosemfronteiras.org/blog/usgs-earth-explorer-baixe-imagens-gratuitas-do-landsat/#:~:text=O%20USGS%20Earth%20Explorer%20%C3%A9%20uma%20ferramenta%20semelhante,Download%20de%20dados%20em%20linhas%20do%20tempo%20cronol%C3%B3gicas>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **MDE - Modelo Digital de Elevação**, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 24 out. 2023.

ISHIKI, Hamilton Mitsugu; OLIVO, Andréia de Menezes. **BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA**. Universidade do Oeste Paulista, 2014. Disponível em: <<https://journal.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206>>. Acesso em: 18 maio 2023.

MAIA, Adelena Gonçalves; VILLELA, Swami Marcondes. **A necessidade da consideração do processo de assoreamento no planejamento e operação de reservatórios**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11, n.2, p. 187-193, 2006.

MARQUES, Leonardo. **QGIS: O que é, o que faz e para que serve?**. Clube do QGIS, 2021. Disponível em: <<https://clubedogis.com.br/blog/qgis-o-que-e-o-que-faz-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 25 out. 2023.

MEES, Alexandre. **Qualidade da Água em Reservatórios**. Unidade 1: Reservatórios, p. 1-57, 2020.

MORO, José Carlos; COSTA, Elci Terezinha Veiga, MILANESE, Sandro; MORO, Rosemeri Segecin. **Comparação da cobertura vegetal nas áreas de preservação permanente na represa de Alagados (PR), de 1980 a 2001**. Revistas UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 11, n. 2, 2005.

NUNES, Mariana Argento. **A importância de reservatórios de regularização e seus impactos na geração de energia-Estudo de caso: UHE Bocaina na bacia do rio Paranaíba**. Dissertação (trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

PAMBOUKIAN, Sergio Vicente. **QGIS – CONCEITOS BÁSICOS**. 2013. Disponível em:
<https://www.mackenzie.br/fileadmin/OLD/62/ARQUIVOS/PUBLIC/user_upload/_imported/fileadmin/LABGEO/Curso/01._Aula_01/0108._QGIS_-_Conceitos_Basicos.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

PEIXOTO, Felipe da Silva; SOARES, Jamilson Azevedo; RIBEIRO, Victor Sales. **Conflitos pela água no Brasil**. Sociedade & Natureza, v. 34, p. e59410, 2022.

PONTA GROSSA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Ponta Grossa, 2015.

PONTA GROSSA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Ponta Grossa, 2019.

PRESS, Frank; SIEVER, Raymond; GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. **Para entender a terra**. Tradução de Rualdo Menegat, 4ed. Porto Alegre: Bookman, 656p., 2006.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. BAHIA ANÁLISE & DADOS. Salvador, v.13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.

REIS, Luisa Fernanda Ribeiro; BRANDÃO, João Luiz Boccia. **Impactos ambientais sobre rios e reservatórios**. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Tradução. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ROCHA, Paulo Cesar; DOS SANTOS, Aline Aparecida. **Análise hidrológica em bacias hidrográficas**. Mercator (Fortaleza), v. 17, p. 1-18, 2018.

SHIKLOMANOV, Igor; RODDA, John. (Ed). **World water resources at the beginning of the twenty-first century**. Cambridge University Press, 2003.

SILVA, Jefferson Fernandes do Amaral; PEREIRA, Roberto Guimarães. **Panorama global da distribuição e uso de água doce**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 3, p. 263-280, 2019.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja. **Apostila de hidrologia aplicada**. 2010. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro_celimar.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. **2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável em casa, e mais do dobro de pessoas não tem acesso a saneamento seguro**. 2017. Disponível em:

<<https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/21-bilh%C3%B5es-de-pessoas-n%C3%A3o-t%C3%AAm-acesso-%C3%A1gua-pot%C3%A1vel-em-casa-e-mais-do-dobro>>. Acesso em: 18 maio 2023.

YASSUDA, Eduardo Riomey. **Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais**. Revista de Administração pública, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993. Disponível em:

<<https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/8663>>. Acesso em: 13 nov. 2022.