



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana

ENGENHARIA DE ENERGIA

LORENA CRUZ FRANCO

**Avaliação dos impactos ambientais da usina UHE Engenheiro Sérgio Motta através da
Matriz de Leopold**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Rosana

2024

LORENA CRUZ FRANCO

**Avaliação dos impactos ambientais da usina UHE Engenheiro Sérgio Motta através da
Matriz de Leopold**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Rosana, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador (a): Profa. Dra. Maria Claudia Costa de Oliveira Botan

Rosana

2024

F825a Franco, Lorena Cruz
Avaliação dos impactos ambientais da usina UHE Engenheiro Sérgio Motta através da matriz de leopold / Lorena Cruz Franco. -- Rosana, 2024
66 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana
Orientadora: Maria Claudia Costa de Oliveira Botan

1. UHE Engenheiro Sérgio Motta. 2. Matriz de Leopold. 3. Impacto Ambiental. 4. Energia. 5. Usina Hidrelétrica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

LORENA CRUZ FRANCO

**Avaliação dos impactos ambientais da usina UHE Engenheiro Sérgio Motta através da
Matriz de Leopold**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Rosana, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energia.

Rosana, 17/05/2024

Componentes da Banca Examinadora:

Profa. Dra. Maria Claudia Costa de Oliveira Botan
Orientadora/UNESP-Rosana

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira
UNESP-Rosana

Dedico este trabalho a Deus que me deu forças e sabedoria, aos meus familiares e amigos que me apoiaram durante essa etapa. Especialmente para minha amada mãe Maria Aparecida Cruz.

AGRADECIMENTOS

Eu quero começar agradecendo a Deus por ter me dado tudo que foi preciso para me possibilitar chegar até aqui, nos momentos que achei que não iria conseguir, que eu não era capaz, ele me acolheu e mostrou o contrário, devo tudo a Ele. Quero agradecer a minha família, mãe, avó, pai e irmão, principalmente minha amada e querida mãe, minha grande benção Maria Aparecida Cruz, que sempre batalhou para me dar o melhor ao seu alcance, sendo compreensiva, me ensinou valores, criou e cuidou com todo amor de seu ser, que mesmo quando cansada estava aqui comigo, sempre me apoiou e nunca me deixou desistir, minha mãe eu te agradeço do fundo meu coração por cuidar tanto de mim, por me amar tanto, sou uma filha imperfeita com uma mãe tão perfeita, agradeço a Deus por ter me dado você nessa vida. Vejo seus joelhos calejados e machucados de se ajoelhar todos os dias e orar por mim e por nossa família, eu te amo tanto minha mãe. Agradeço a minha vó Maria Madalena Cruz que também sempre fez o melhor que pôde por todos, pelo seu grande coração, também te amo vó, agradeço ao meu irmão, Willian Cruz Franco, que vendo uma foto de anos atrás estava escrito que ele tinha orgulho de mim, obrigado meu irmão.

A todos os familiares, amigos e colegas que me ajudaram durante minha graduação, as amigas e amigos de turma que foram especiais, ao meu amigo, Lucas, a minha melhor amiga, minha irmã que pode não ser de sangue, mas sem dúvidas é de coração Caroline da Silva Santos que mesmo com a correria que era, a falta de tempo, esteve comigo sempre que pode, teve paciência, ficou feliz por mim de verdade com minhas conquistas, me fazia e faz ter boas gargalhadas e me descontraía mesmo quando eu não estava muito bem, que nesses anos de amizade sempre teve paciência comigo e meu jeito de quem não sabia demonstrar que se importava, obrigado por mesmo assim ser minha amiga, por me amar como sou e sempre desejar o meu melhor e me apoiar, sempre te levarei em meu coração, minha irmã você é a melhor amiga/irmã que alguém poderia ter, também um beijo especial aos seus filhos, meus sobrinhos de consideração Thiago e Sophya.

Agradeço a minha orientadora Maria Claudia Costa de Oliveira Botan por todo conhecimento passado a mim, paciência, determinação, por toda ajuda na conclusão dessa etapa da minha formação acadêmica, também sem dúvidas, obrigada pelas conversas, por me ouvir e aconselhar. E aos professores que durante minha jornada compartilharam suas experiências, conhecimentos e conselhos. Que mostraram o que realmente é ser professor, que tiveram gosto em ensinar e ver alunos que não conheciam aquela determinada matéria ou tema, aprendendo e criando paixão graças a eles.

Também agradeço a todos os professores que na graduação me mostraram o quão difíceis, rudes e más as pessoas, as situações e acontecimentos podem ser. Pois, com eles vi o quão forte eu posso ser, tudo que posso vencer, que sempre posso aprender com os erros, seja eles meus ou não. Que por mais difícil que possa ser, no final as coisas se ajeitam e dão certo. Eu me fortaleci e reforcei minha fé. Estou aprendendo que as coisas são no tempo dos outros, que não é por que outros fizeram as coisas de uma forma, em um tempo diferente do meu, um jeito diferente do meu, que algo está errado, cada um tem seu tempo e sua forma de viver, estou feliz no meu tempo e da minha forma, não tenho que viver pelas ações e pensamentos dos outros. Aprendendo que tudo dá certo no tempo Deus.

A todas as pessoas na qual tive convivência em minha graduação que de alguma forma fizeram a diferença em meu processo de formação muito obrigada.

“Se você quer transformar o mundo, experimente primeiro promover o seu aperfeiçoamento pessoal e realizar inovações no seu próprio interior.”

Dalai Lama

RESUMO

A demanda crescente por energia elétrica tem impulsionado a busca por fontes sustentáveis e eficientes, levando a uma oposição entre fontes de energia fóssil e renovável, ao mesmo tempo, a importância das fontes renováveis. No Brasil a maioria da matriz elétrica é ocupada pela energia de usinas hidrelétricas, tal apresenta seus desafios e realizar uma avaliação de impactos ambientais é uma ferramenta importante para o processo de desenvolvimento sustentável. Este trabalho explora a importância da avaliação de impactos ambientais, destaca a classificação desses impactos como diretos e indiretos, positivos e negativos, temporários e permanentes. No contexto específico da energia hidrelétrica, a Usina Hidrelétrica Eng. Sérgio Motta (UHE) é examinada como um estudo de caso. Espera-se que este estudo contribua na gestão de recursos energéticos, integrando eficiência energética, fontes renováveis e considerações ambientais. Implementar ferramentas, desenvolver as tecnologias energéticas é uma das principais funções de um engenheiro de energia, para podermos moldar um futuro energético mais equilibrado e ambientalmente responsável. O estudo aborda os principais impactos identificados na construção e operação da UHE Engenheiro Sérgio Motta, a avaliação desses impactos tem como metodologia o desenvolvimento da matriz de interação modelo Leopold. Adicionalmente, são discutidas as medidas mitigatórias e compensatórias para minimizar os impactos negativos. Destaca-se a relevância da implementação de práticas ambientalmente responsáveis para equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente, contribuindo assim para um futuro mais sustentável e ainda suprir a demanda energética mundial.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Usina hidrelétrica. Matriz de Leopold. UHE Eng. Sérgio Motta.

ABSTRACT

The growing demand for electrical energy has driven the search for sustainable and efficient sources, leading to an opposition between fossil and renewable energy sources, at the same time, the importance of renewable sources. In Brazil, the majority of the electrical matrix is occupied by energy from hydroelectric plants, this presents its challenges and carrying out an environmental impact assessment is an important tool for the sustainable development process. This work explores the importance of assessing environmental impacts, highlighting the classification of these impacts as direct and indirect, positive and negative, temporary and permanent. In the specific context of hydroelectric energy, the Eng. Sérgio Motta Hydroelectric Plant (UHE) is examined as a case study. This study is expected to contribute to the management of energy resources, integrating energy efficiency, renewable sources and environmental considerations. Implementing tools and developing energy technologies is one of the main functions of an energy engineer, so that we can shape a more balanced and environmentally responsible energy future. The study addresses the main impacts identified in the construction and operation of the Engenheiro Sérgio Motta HPP. The methodology for evaluating these impacts is the development of the Leopold model interaction matrix. Additionally, mitigating and compensatory measures to minimize negative impacts are discussed. The relevance of implementing environmentally responsible practices is highlighted to balance economic development with environmental preservation, thus contributing to a more sustainable future and still meeting global energy demand.

Keywords: Environmental impacts. Hydroelectric power plant. Leopold matrix. UHE Eng. Sérgio Motta.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz energética mundial 2021	22
Gráfico 2 - Matriz energética brasileira 2022	23
Gráfico 3 – Matriz elétrica mundial 2021	24
Gráfico 4 – Matriz elétrica brasileira 2022	25

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Usina hidrelétrica de Três Gargantas	28
Figura 2 – Usina hidrelétrica de Itaipu	29
Figura 3 – Usina hidrelétrica de Xiluodu	30
Figura 4 – Usina hidrelétrica de Monte Belo	31
Figura 5 – Usina hidrelétrica de Guri	31
Figura 6 – Esquema de funcionamento de uma usina hidroelétrica	33
Figura 7 – Dados do município de Rosana	41
Figura 8 – Vista por satélite da localização da UHE Sérgio Motta	43
Figura 9 – Vista geral da construção da UHE Sérgio Motta	43
Figura 10 – Construção da UHE Sérgio Motta	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Regulamentações na instalação de usinas hidrelétricas	39
Tabela 2 – Municípios afetados pela presença da UHE Sérgio Motta	44
Tabela 3 – Matriz de Leopold associada a UHE Sérgio Motta	52
Tabela 4 – Legenda da Matriz de Leopold associada a UHE Sérgio Motta	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa de Energia
BEN	Balanço Energético Nacional
GEE	Gases de Efeito Estufa
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
GW	Gigawatts
MW	Megawatts
UGs	Unidades Geradoras
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural Cisalpina
PNSB	Política Nacional de Segurando de Barragens
IMP	Impacto Ambiental
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	18
1.2 Objetivos específicos	18
1.3 Relevância do trabalho	18
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	20
2.1 Demanda energética do mundo	20
2.2 Matriz Energética	21
<i>2.2.1 A matriz energética mundial</i>	<i>21</i>
<i>2.2.2 A matriz energética brasileira</i>	<i>23</i>
2.3 Matriz Elétrica	24
<i>2.3.1 A matriz elétrica mundial</i>	<i>24</i>
<i>2.3.2 A matriz elétrica brasileira</i>	<i>25</i>
2.4 Energia Hidráulica	26
2.5 Usinas hidrelétricas	27
<i>2.5.1 Usinas hidrelétricas do mundo</i>	<i>28</i>
<i>2.5.2 Estrutura de uma usina hidrelétrica</i>	<i>32</i>
<i>2.5.3 Etapas para a instalação de uma usina hidrelétrica</i>	<i>33</i>
2.6 Licenciamento Ambiental	35
<i>2.6.1 EIA</i>	<i>35</i>
<i>2.6.2 RIMA</i>	<i>36</i>
2.7 Principais normas envolvidas	37
2.8 Impactos Ambientais	39
<i>2.8.1 Conceito de Impacto Ambiental</i>	<i>39</i>
<i>2.8.2 Classificação de impactos ambientais</i>	<i>39</i>
<i>2.8.3 Impactos ambientais de usinas hidrelétricas do mundo</i>	<i>40</i>
3 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1 Área de estudo	41
<i>3.1.1 UHE Engenheiro Sérgio Motta</i>	<i>42</i>
<i>3.1.2 Áreas de influência da usina</i>	<i>44</i>
3.2 Coleta de informações e dados	45
3.3 Matriz de Interação	45
<i>3.3.1 Matriz de Leopold</i>	<i>46</i>
<i>3.3.2 Critérios utilizados para a classificação.....</i>	<i>46</i>

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 Impactos ambientais da UHE Engenheiro Sérgio Motta	48
<i>4.1.1 Impactos associados a instalação da usina</i>	<i>48</i>
<i>4.1.2 Impactos associados a operação da usina.....</i>	<i>49</i>
4.2 Classificação dos impactos ambientais da UHE Engenheiro Sérgio Motta	51
4.3 Matriz de interação da UHE Engenheiro Sérgio Motta modelo Leopold	52
4.4 Propostas de mitigação dos impactos	56
4.5 Pontos positivos da UHE Engenheiro Sérgio Motta	58
5 CONCLUSÃO	59
6 REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Com a modernização do mundo o homem foi desenvolvendo a necessidade por alguns insumos e serviços, nas quais não se pode mais viver sem e apresentar uma qualidade de vida, tais como água potável, alimento, moradia, planos médicos. E para todos esses serviços o elemento principal é a energia, com isso a demanda de energia no mundo é crescente e têm sido alavancada por fatores como o crescimento populacional, a urbanização e o uso de tecnologias. A necessidade de energia é um componente fundamental da vida moderna, alimentando tudo, desde nossos dispositivos pessoais até nossas indústrias.

No entanto, essa demanda leva a um aumento na geração de energia a partir de combustíveis fósseis, como carvão, gás natural e petróleo. Essas fontes de energia, apresentam problemas significativos com seu uso intensivo, incluindo a emissão de gases de efeito estufa, a produção de contaminantes altamente tóxicos para o ar e a água, desgaste e degradação para o meio ambiente, e contribui com as mudanças climáticas, além de serem fontes de energia não renováveis, ou seja, fontes que são poluentes e que levam um longo prazo humano para se recuperarem no meio ambiente. Sendo assim fontes de uso finito e sujeita a flutuações no mercado internacional, o que auxilia a uma vulnerabilidade econômica (Goldemberg; Lucon, 2007).

Diante desses desafios, a busca por fontes de energia renováveis tornou-se uma prioridade. As energias renováveis, como a solar, eólica, hidroelétrica, biomassa e outras, são vistas como alternativas promissoras aos combustíveis fósseis. Elas oferecem a produção de uma energia mais limpa e sustentável, mesmo não sendo totalmente livre de impactos. No entanto, apesar do crescimento no uso das energias renováveis, elas ainda enfrentam problemas significativos. Entre eles está a complexidade de integrá-las às redes elétricas existentes, a variabilidade de sua produção, licenciamentos e a necessidade de armazenamento de energia para garantir a confiabilidade do fornecimento, e nem todos os lugares são propícios para todas as energias renováveis.

As matrizes energéticas globais e nacionais desempenham um papel importante para um controle na determinação da segurança energética e na mitigação dos impactos ambientais. Quando comparada matriz energética mundial com a brasileira, tem-se uma visão abrangente das diferentes abordagens adotadas pelos países em relação à diversificação e sustentabilidade de suas fontes de energia. No contexto brasileiro a matriz elétrica é majoritariamente de energia hidráulica, que representando um bom percentual da eletricidade gerada no país. A energia hidrelétrica é uma fonte confiável de energia para o Brasil devido à abundância de recursos

hídricos, no entanto, a geração de energia hidrelétrica também tem seus próprios desafios, incluindo impactos ambientais significativos e a dependência de condições climáticas favoráveis. Ainda não há uma energia livre de qualquer impacto ambiental (Korzeniewicz, 2021).

Os impactos ambientais dessas atividades energéticas são profundos e variados, afetando a saúde humana, a biodiversidade, o clima e a qualidade dos recursos naturais. O conceito de impacto ambiental é referente a alterações, efeitos ou consequências na qual uma determinada atividade humana pode causar no meio ambiente, onde se afeta ecossistemas, recursos naturais, biodiversidade, qualidade do ar, da água e do solo, entre outros.

Podendo ser classificados em diferentes categorias como: diretos, onde seus efeitos são imediatos e perceptíveis feitos por uma ação específica, indiretos, provenientes dos diretos geralmente em uma escala temporal ou espacial diferente. Impactos positivos, trazem efeitos com benefícios, os negativos, que são associados a efeitos prejudiciais, impactos reversíveis, que causam alterações ambientais, mas são revertidos ao longo do tempo com medidas corretivas, os irreversíveis, que são permanentes e não são completamente corrigidos, impactos do tipo locais, que afetam uma área limitada e impactos regionais, que afetam certa região e os globais, que tem um alcance maior em escala planetária (Sánchez, 2020).

Portanto, realizar uma avaliação de impactos ambientais torna-se crucial para entender e mitigar esses impactos e até mesmo estudar a viabilidade de um determinado projeto. Avaliação de impacto ambiental (AIA) é um processo sistemático e multidisciplinar que identifica, avalia e busca como mitigar os impactos ambientais de uma determinada atividade, projeto ou plano, antes de sua implementação.

Com o objetivo garantir um desenvolvimento mais sustentável, tornando o crescimento econômico mais equilibrado com a preservação do meio ambiente. As etapas envolvidas na AIA são: identificar os impactos, avaliar e caracterizá-los, identificar alternativas mitigadoras, elaborar relatório técnico, tomada de decisões e licenciamento ambiental, acompanhamento e monitoramento (Custódio et al., 2022).

Dessa forma é de suma importância realizar esses estudos e avaliações para melhorar o desempenho ambiental de projetos e garantir conformidade com as leis e regulamentos ambientais. É uma parte essencial do planejamento de qualquer projeto de energia, seja ele baseado em combustíveis fósseis ou em fontes de energia renováveis. As ferramentas usadas como o EIA, estudo de impacto ambiental e o RIMA, relatório de impacto ambiental são documentos fundamentais para o licenciamento ambiental.

Outra ferramenta usada para realizar essa avaliação é a matriz de interação na qual se relaciona as ações do projeto com os elementos do meio ambiente e realiza uma avaliação mais detalhada com classificação dos impactos (Zanatta, 2021).

Diante dos pontos apresentados, este trabalho apresenta um estudo de avaliação de impactos ambientais que a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera) causou com sua implementação e operação, com os impactos já relatados em outros documentos tais como seus pontos negativos, positivos e propostas mitigadoras. Utilizando, para tal, o diferencial da metodologia de matriz de interação, conhecida como Matriz de Leopold.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho visa realizar a avaliação dos impactos ambientais causados pela Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta de Primavera, através da metodologia da matriz de Leopold.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar a análise dos impactos ambientais de usinas hidrelétricas semelhantes;
- Analisar os impactos ambientais que ocorreram e ocorrem na Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta de Primavera;
- Desenvolver a matriz de Leopold;
- Apresentar possíveis medidas e propostas compensatórias e mitigadoras para os impactos analisados;

1.3 Relevância do trabalho

O referente estudo tem grande importância, pois é uma ferramenta que pode ser usada pela gestão ambiental responsável não apenas pela usina em questão, mas também de outros empreendimentos e projetos, assim sendo possível conhecer os principais impactos causados pela implementação e funcionamento dos mesmos, esses de cunho ambiental, social e econômico, e também conhecer os pontos positivos que construções para esse determinado fim (geração de energia elétrica) apresentam. Serve então como base de planejamento e desenvolvimento de ações mitigadoras dos problemas causados e para a preservação de todo ecossistema afetado, promovendo então um desenvolvimento mais sustentável para a região.

Esses fatores também influenciam para que, levando em consideração os resultados e recomendações apresentados, pode-se promover uma gestão mais eficiente e responsável em relação a UHE Sérgio Motta, garantindo além da conservação do meio ambiente o bem-estar das comunidades locais.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O desenvolvimento de tecnologias que venham ser sustentáveis para a nossa humanidade sem sombra de dúvidas é um enorme desafio enfrentado há tempos, para esse ideal tem-se uma perspectiva crítica em relação à sociedade humana, sua organização, princípios e desenvolvimentos, com impulso de problemas passados, atuais e futuros, seja de caráter ambiental, social ou econômico.

2.1 Demanda energética do mundo

É visto que desde os tempos da pré-história que o homem foi desenvolvendo a necessidade de sempre obter energia, fosse para seu corpo, como a busca por alimento, ou de calor e fogo para espantar o frio, predadores e cozinhar alimentos. Observa-se também o desenvolvimento de técnicas para facilitar a vida e automaticamente a vida da sociedade, dessa forma a evolução humana é diretamente ligada a uma evolução tecnológica.

Esse primeiro contato do homem com manuseio do fogo foi o início da relação para o processamento de energia, que presentemente a tecnologia, manuseio, desenvolvimento de facilidades para o bem-estar humano é algo que não nos imaginamos sem a tecnologia se faz presente na sociedade de diversas formas seja para relações de trabalho, de estudo, acesso a informações, transporte, praticamente tudo. Sendo usada desde o acordar do dia ao se deitar a noite. E toda essa tecnologia precisa de um elemento fundamental, a energia (Silva Santos, Elton, 2018, Paiva, Costa; Alves, Verly, 2018).

Esse uso da energia em suas mais variadas formas se intensificou na revolução industrial por conta do intensivo uso de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral. Com o passar dos séculos após a Revolução Industrial, deu-se início ao uso desenfreado do petróleo e seus derivados, fazendo o uso de tais para processos industriais, combustível para veículos, gerando um aumento significativo na importância da energia fóssil, e essa posteriormente a Segunda Guerra Mundial ganhou espaço como recurso mais utilizado para gerar energia no mundo (Oliveira, Cajano; Junger, Paubel, 2020).

Os combustíveis fósseis, em definição, são recursos naturais usados na produção de energia, por meio de sua queima. São originados da decomposição de material orgânico por milhares de anos. Os principais combustíveis fósseis são o petróleo, gás natural e carvão mineral, e outros. A problemática é que são combustíveis não renováveis que não são facilmente substituíveis em uma escala humana de tempo, podendo então se esgotarem, além disso, os

impactos negativos no meio ambiente continuam com a emissão de gases poluentes, de efeito estufa, degradação do solo e outros. Tornando-se então fontes que devem ser substituídas futuramente (Batista; Chaves, p. 146).

Em contrapartida, o homem vem desenvolvendo tecnologias de geração de energias renováveis, sendo fontes de energia naturalmente reabastecidas e inesgotáveis a curto ou médio prazo, algumas das principais fontes renováveis existentes atualmente são energia solar (proveniente do sol e convertida em energia elétrica, utiliza painéis fotovoltaicos), energia eólica (proveniente do movimento do ar, utiliza turbinas eólicas), energia de biomassa (obtida de materiais orgânicos, usada para eletricidade ou aquecimento), energia hidrelétrica (obtida pelo movimento da água, na qual estudaremos de forma mais aprofundada nos tópicos seguintes), entre outras (Losekann; Hallack, 2018).

Essas energias não estão livres de impactos ambientais, mas quando comparadas as energias não renováveis, sem dúvidas tem menor impacto e contribuem para a sustentabilidade global, visto que mesmo o mundo tendo lugares mais propícios para o uso de cada tipo de energia, desenvolver as fontes de energia renovável é a chave para a transição de uma matriz energética mais limpa e sustentável, não apenas para o Brasil, mas para o mundo (Farias et al., 2021).

2.2 Matriz Energética

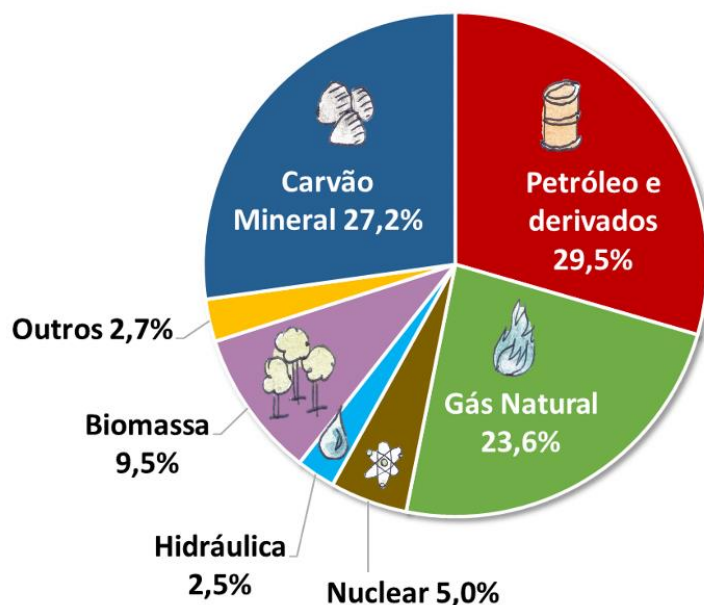
É a matriz que ilustra a composição das diferentes fontes de energia utilizadas por uma determinada região, país ou setor em um determinado período. Ela realiza uma distribuição percentual das diversas fontes de energia, incluindo fontes renováveis e não renováveis. Ter a análise dessa matriz é importante para entender qual dependência de certos tipos de recursos energéticos uma região possui e para avaliar o impacto ambiental associado ao uso dessas fontes. Uma matriz energética mais diversificada, com uma parcela significativa de fontes renováveis, é considerada mais sustentável e menos vulnerável as flutuações nos preços e disponibilidade de recursos (EPE, 2023).

2.2.1 A matriz energética mundial

A matriz no aspecto mundial faz a composição das fontes de energia usadas em todo o mundo. Tal composição varia entre os países e regiões por conta de diversos fatores como disponibilidade dos recursos, a infraestrutura existente e as políticas energéticas. Segundo a

matriz do ano de 2021, as energias que compõe a matriz energética mundial são petróleo e derivados, carvão mineral, biomassa, gás natural, hidráulica, nuclear e outros. Pode-se observar os dados através do gráfico 1.

Gráfico 1 – Matriz energética mundial 2021.



Fonte: (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

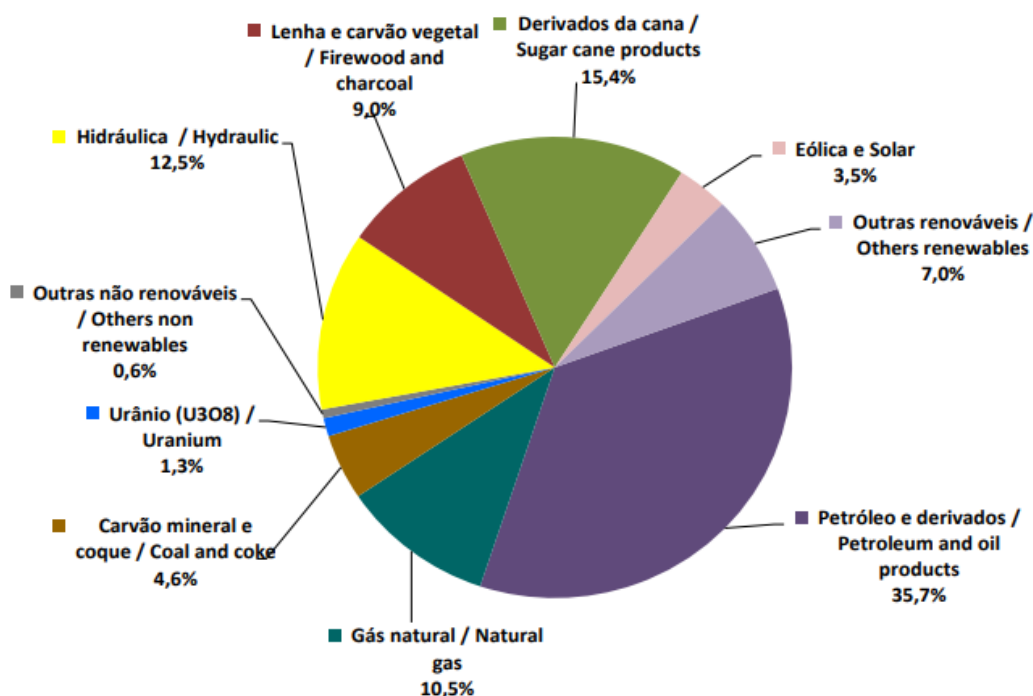
Em análise dos dados apresentados percebe-se que a matriz é majoritariamente formada pelo uso de petróleo e seus derivados ocupando 29,5%, de acordo com pesquisas seu uso se dá para o setor de transporte, geração de eletricidade e aquecimento. O segundo mais utilizado é o carvão mineral ocupando 27,2% de toda a matriz, seu uso desempenha um papel significativo na geração de eletricidade em muitos países, porém preocupações ambientais fazem com que a busca pela diminuição de seu uso se faça presente. Em terceiro tem-se o gás natural ocupando 23,6% com usos aplicados a indústrias, geração de eletricidade e aquecimento. Por fim, a quarta, quinta, sexta e sétima posição da matriz é preenchida respectivamente pelas energias de biomassa com 9,5%, nuclear com 5%, hidráulica com 2,5% e os últimos 2,7% por outras geradoras.

Destaca-se que as proporções específicas das fontes na matriz energética sofrem uma variação de acordo com sua região e também têm passado por mudanças devido à transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, visando as questões relacionadas às mudanças climáticas.

2.2.2 A matriz energética brasileira

A matriz brasileira é composta das fontes de energia usadas no Brasil. Tal composição varia por fatores como qual é mais usada dentro do país. Conforme a matriz do ano de 2022, as energias que compõe a matriz energética brasileira são petróleo e derivados, carvão mineral, derivados da cana-de-açúcar, gás natural, hidráulica, nuclear, lenha e carvão e outras renováveis e não renováveis. Na qual a mais usada é o petróleo e derivados, sendo seguida de derivados de cana-de-açúcar. Pode-se observar as condições através do gráfico 2 (EPE, 2023).

Gráfico 2 – Matriz energética brasileira 2022.



Fonte: (BEN, 2023).

Observando o gráfico 2 é possível observar que a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial. Sendo uma característica muito importante, já que contribui para menor emissão de gases estufa (GEE).

O Brasil consome mais energia das fontes renováveis que muitos outros países, se dividido o valor de emissão de GEE pelo número de habitantes do Brasil é visto que nosso país emite menos gases poluentes que a maioria dos outros países. Destaca-se que com o crescimento desse aspecto a transição energética de uma matriz com energias não renováveis para uma matriz de energias renováveis e sustentáveis se torna mais próximo (Rego, 2024).

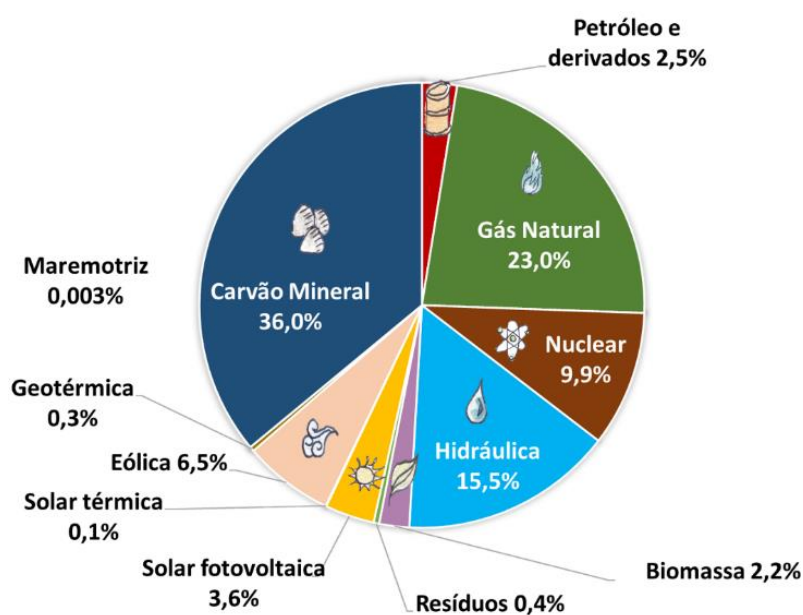
2.3 Matriz Elétrica

Trata-se da matriz que faz referência à composição das fontes de geração de eletricidade em uma determinada região ou país, focando especificamente na produção de eletricidade. Pode incluir fontes como hidrelétrica, termelétrica (carvão, gás natural, óleo), nuclear, solar, eólica, biomassa, entre outras. Sua análise é importante para compreender a diversificação da geração de eletricidade, a sustentabilidade ambiental e a segurança do fornecimento energético. Uma matriz elétrica mais limpa, com uma maior participação de fontes renováveis, é vista como um objetivo desejável para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade.

2.3.1 A matriz elétrica mundial

A matriz elétrica mundial, chamada também de mix energético para geração de eletricidade, é referente as diferentes fontes de energia utilizadas na produção de eletricidade. Podendo ter sua composição variável de forma bastante significativa em todo o mundo por conta da disponibilidade dos recursos, políticas, questões ambientais e tecnológicas. Conforme o gráfico 3, é possível ver as energias que compõem a matriz elétrica mundial (EPE, 2021).

Gráfico 3 – Matriz elétrica mundial 2021.



Fonte: (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

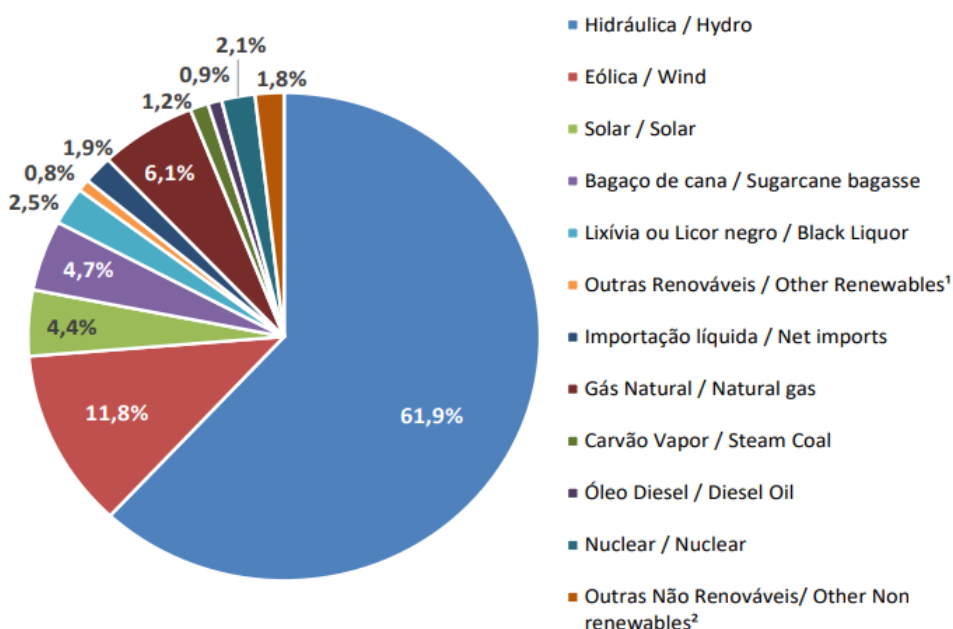
As fontes de energia que compõem a matriz elétrica mundial, partindo da mais usada a menos usada são: carvão mineral com 36%, gás natural com 23%, hidráulica com 15,5%, nuclear com 9,9%, eólica representando 6,5%, solar fotovoltaica representando 3,6%, petróleo e derivados com 2,5% da matriz, biomassa com 2,2%, resíduos com 0,4%, geotérmica com 0,3% da matriz, solar térmica com 0,1% e maremotriz com 0,003%.

A tendência global é buscar por uma matriz elétrica sempre mais sustentável, maior participação de energias renováveis para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar os impactos ambientais associados a algumas fontes de energia.

2.3.2 A matriz elétrica brasileira

A matriz elétrica brasileira é a composição das fontes de geração de energia utilizadas para produzir eletricidade no Brasil. O país tem uma matriz elétrica diversificada, com uma significativa participação de fontes renováveis. Consoante o gráfico 4, é possível ver as energias que compõem essa matriz (EPE, 2023).

Gráfico 4 – Matriz elétrica brasileira 2022.



Fonte: (BEN, 2023).

Nossa matriz é ainda mais renovável do que a energética, o principal fator para isso é que grande parte da energia elétrica gerada no Brasil parte de usinas hidrelétricas. A energia

eólica apresenta um crescimento, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, de maior parte, renovável.

As fontes de energia que fazem parte da matriz elétrica brasileira são em primeiro lugar como a mais usada a hidráulica com 61,9%, eólica em segundo com 11,8%, em terceiro gás natural 6,1%, seguido de bagaço de cana 4,7%, solar 4,4%, licor negro com 2,5%, nuclear com 2,1%, importação líquida com 1,9%, outras não renováveis com 1,8%, carvão 1,9%, óleo diesel 0,9% e outras renováveis com 0,8%.

Essa diversificação de nossa matriz é resultado dos esforços para garantir a segurança energética, reduzir emissões de gases de efeito estufa e promover o uso de fontes renováveis. Como parte de um plano de desenvolvimento sustentável, o país vem tentando aumentar a participação de fontes como eólica e solar.

2.4 Energia Hidráulica

Essa energia pode ser definida como aquela que é obtida partindo da energia cinética e potencial da água. Pode também ser convertida de diversas formas, uma das conversões usadas é a conversão da energia potencial da água em energia mecânica que por meio de rodas d'água e de um mecanismo de pás, gira um eixo convertendo esta energia da diferença de altura, para movimentos mecânicos na saída do processo. O termo energia hídrica também pode ser aplicado com a mesma definição.

Um de seus usos é na geração de energia elétrica, na qual converte energia potencial da água em eletricidade, usando geradores elétricos, são feitas em grandes obras as usinas hidrelétricas. Existem também versões menores e menos danosas ao meio ambiente, estas possuem menor capacidade de geração, e não necessitam de grandes reservatórios para seu funcionamento, chamadas de pequenas centrais hidrelétricas, PCH. Sendo assim uma energia renovável obtida a partir do movimento da água que contribui muito para uma matriz mais sustentável (Mari Júnior et al., 2013).

A energia hidráulica resulta da condensação, precipitação e evaporação das águas, fenômenos influenciados pela irradiação solar e pela energia gravitacional, sendo esses elementos os impulsionadores da geração hidrelétrica. As usinas hidrelétricas têm a capacidade de converter energia cinética em energia elétrica ao explorar o movimento das águas.

Uma das primeiras formas de substituir o trabalho animal por energia mecânica foi o bombeamento de água para a moagem de grãos, destacando vantagens como abundância de

recursos, fácil acesso, simplicidade de aproveitamento e, principalmente, a natureza renovável (Queiroz et al., 2013).

Na conversão de energia hidráulica em energia elétrica, tem-se:

Energia Cinética: Onde as turbinas são instaladas em correntes de água, como rios ou correntes oceânicas, essas capturam a energia cinética do fluxo de água. Assim, com a força da água as turbinas giram, e estando conectadas a geradores que realizam a conversão da energia mecânica em eletricidade (Mari Júnior et al., 2013).

Energia Potencial: Onde a água é acumulada em um reservatório feito pelo homem, que armazena energia potencial. Ao liberar a água do reservatório, a energia potencial se converte em energia cinética, utilizada para girar as turbinas, gerando eletricidade (Mari Júnior et al., 2013).

As vantagens desse tipo de energia são, sustentabilidade, baixa emissão de gases de efeito estufa (quando comparado com combustíveis fósseis) e uma capacidade de fornecer energia de forma constante e controlada. No entanto, a construção de reservatórios pode ter impactos ambientais significativos, e o uso de turbinas em correntes de água pode afetar os ecossistemas aquáticos locais (Mari Júnior et al., 2013).

No Brasil, a energia elétrica se estabeleceu de fato na década de 60, com a criação da Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras SA) foi estabelecida visando implementar grandes projetos hidrelétricos, ela delegou a algumas subsidiárias a execução de projetos de geração de energia, inicialmente limitadas à distribuição conforme o plano estatal.

Nos anos 70, avanços tecnológicos possibilitaram a implantação de linhas de transmissão em longas distâncias, viabilizando o aproveitamento de recursos hidráulicos em regiões remotas. Para os anos 90, devido às privatizações do setor elétrico brasileiro, o governo passou a incentivar a formação de consórcios privados para a construção de usinas planejadas (Queiroz et al., 2013).

2.5 Usinas Hidrelétricas

Usinas hidrelétricas, também conhecidas como usinas hidroelétricas ou centrais hidroelétricas, são obras da engenharia moderna, que usam a força das águas para gerar energia. Aproveitam o potencial hidráulico existente em um rio, utilizando desníveis naturais como quedas de água, ou artificiais produzidos pelo desvio do curso original do rio, são obras de grande porte e importância (Pramac, 2020).

2.5.1 Usinas hidrelétricas do mundo

Nesse aspecto, dentre às maiores usinas hidrelétricas do mundo por capacidade instalada tem-se:

1º Usina de Três Gargantas na China — Essa é a maior barragem hidrelétrica do mundo em termos de capacidade de geração de energia, ela possui 32 turbinas e proporciona poder gerar até 22,5 mil MW com a capacidade instalada que tem. Dispõe de 2,1 quilômetros de largura e mais de 182 metros de altura e um reservatório com extensão de 405 quilômetros quadrados que auxilia no controle da bacia do rio Yangtzé. Suas principais turbinas têm capacidade de gerar tanta eletricidade quanto 18 usinas nucleares (Celere, 2022).

A preparação para início das obras durou 2 anos, e no ano de 1994 a mega construção começou. Tinha o propósito de fornecer energia a 60 milhões de habitações, controlar as enchentes do rio Yangtzé e melhorar a navegação. A obra civil terminou no ano de 2006 e a hidroelétrica entrou em operação com 24 turbinas, foi então que em dezembro de 2013 a última das 32 turbinas foi instalada.

Essa obra não ficou livre de desafios, onde para garantir que as fundações da hidrelétrica não se deteriorassem com o peso da estrutura, água e navio que passam por ela, foram feitos cinco tipos de vertedouros ao longo da barragem (Celere, 2022).

Alguns dos impactos ambientais e sociais causados é que houve a realocação de 1,3 milhões de pessoas por conta das áreas submersas, o reassentamento danificou parte das terras e o desmatamento causou erosão do solo, entre outros fatores. No entanto, obras de tal porte levam também planejamentos para evitar os problemas e amenizar impactos (Celere, 2022). A figura 1 apresenta a vista da usina em questão.

Figura 1 – Usina hidrelétrica de Três Gargantas.



Fonte: (Celere, 2022).

2º Usina de Itaipú no Brasil — Uma das maiores usinas do mundo em produção de energia limpa e renovável, sendo um empreendimento binacional desenvolvida pelo Brasil e pelo Paraguai no rio Paraná na fronteira desses países. Seu projeto é uma série de barragens que somam cerca de 7.919 m de extensão, com uma altura de 196 m. Com 20 unidades geradoras e 14 GW de potência instalada fornecendo energia para 10,8% da energia consumida no Brasil e 88,5% da energia consumida no Paraguai. Tendo produzido desde o início de sua operação cerca de 2,7 milhões de GWh, o que seria suficiente para atender a demanda brasileira por aproximadamente 5 anos ou do mundo por 10 dias.

Relacionando esses valores com o petróleo, o Brasil teria que queimar 588 mil barris de petróleo por dia para obter em plantas termelétricas. Sua construção teve início em 1975 em diversas fases ao longo de quatro décadas, a inauguração ocorreu em 1984, no entanto, o projeto só ficou pronto com as 20 unidades geradoras em 2016 (Celere, 2021).

Essa obra também contou com alguns impactos naturais como inundações de áreas, já que o rio teve de ser desviado, alteração do fluxo do rio, remoção de algumas vegetações, entre outros, mas ainda assim é importante frisar que é realizado diversas medidas para minimizar esses impactos e promover a sustentabilidade, como a proteção de ecossistemas sensíveis, recuperação de áreas degradadas, entre outros (Relatório de sustentabilidade Itaipu binacional, 2022). A figura 2 mostra a usina de Itaipu.

Figura 2 – Usina hidrelétrica de Itaipu.



Fonte: (Celere, 2021).

3º Xiluodu na China — Importante usina hidrelétrica de papel crucial na produção de energia no país. Possui uma capacidade instalada de 13.860 megawatts (MW). Sua construção iniciou-se em 2005 e concluída em 2013. Tem uma altura de 285,5m e um arco duplo de 700m de extensão, segura um reservatório de 12.670.000.000 metros cúbicos, dos quais 6.460.000.000 são considerados reserva ativa para a geração de energia elétrica.

Apresentou um impacto ambiental positivo, pois ajudou na diminuição da dependência da China por combustíveis fósseis e diminuindo as emissões de gases de efeito estufa. Também proporciona benefícios econômicos ao gerar energia limpa e renovável, tendo então um desenvolvimento mais sustentável do país. E de forma geral além de fornecer eletricidade para milhões de residências, ela apoia o crescimento industrial e melhora a qualidade de vida na China (Nubb, 2023). A figura 3 mostra a usina de Xiluodu.

Figura 3 – Usina hidrelétrica de Xiluodu.



Fonte: (Water Technology, 2013).

4º Belo Monte no Brasil — A empresa responsável pela construção e operação da usina é a Norte Energia S.A. Sendo a maior usina 100% brasileira começou a ser construída em 2011 e ficou pronta para operação em 2016, instalada no rio Xingu, no Pará, tem capacidade instalada de 11.233,1 MW com qualidade média de garantia física de 4.571 MW. Possui 18 unidades geradoras (UGs) com 611,11 MW na casa de força principal e 6 unidades geradoras com 38,85 MW na casa de força complementar.

Para reduzir o impacto ambiental o reservatório principal é formado na calha do rio Xingu e concebido a fio d'água, a área alagada junto do reservatório intermediário totaliza 478 quilômetros quadrados, que se comparada com outras usinas seria pequeno. Os dois reservatórios estão localizados entre os municípios de Altamira, Brasil Novo e Vitória do

Xingu, a área de abrangência da usina contempla outros municípios como Anapu e Senador José Porfírio. Em sua construção foram utilizados três milhões de metros cúbicos de concreto e mais de 160 mil toneladas de aço, equivalente à construção de 37 estádios do Maracanã e a 22 torres Eiffel (Norte Energia, 2024). A figura 4 mostra a usina de Monte Belo.

Figura 4 – Usina hidrelétrica de Monte Belo.



Fonte: (Neoenergia, 2024).

5º Guri na Venezuela — Sua construção começou em 1963, onde a primeira etapa foi concluída em 1978 e a segunda, em 1986. Possui um paredão de concreto de comprimento de 1500 metros e uma altura de 180 metros, conta com um escoadouro de 3 canais permitindo a saída do excesso de água na época das chuvas (maio a outubro).

Tem duas salas de máquinas com 10 unidades geradoras cada uma e as paredes da sala 2, foram decoradas pelo artista plástico cinético Carlos Cruz Diez. Formou-se um lago artificial que é o segundo maior da Venezuela, depois do Lago de Maracaibo, com superfície de 3919 km quadrados, extensão essa maior que o estado de Carabobo. Neste lago há prática a pesca do "pavón", o lugar oferece boas atividades de lazer (Venezuela Tuya, 2024). A figura 5 mostra a usina de Guri.

Figura 5 – Usina hidrelétrica de Guri.



Fonte: (Cetenco, 2024).

2.5.2 Estrutura de uma usina hidrelétrica

A estrutura de uma usina hidrelétrica tem o funcionamento integrado e em conjunto, formado principalmente por um sistema de captação e adução de água, feito pela barragem, pela casa de força e pelo vertedouro. A barragem tem a função de interromper o curso normal da água, onde se cria um reservatório para armazenar a água. Além do armazenamento o reservatório também faz com que a vazão dos rios seja mais adequada, mesmo em períodos chuvosos ou de estiagem, para a geração de energia hidráulica é necessário a captação da chuva em volume adequado e uma diferença de altura (Queiroz et al., 2013).

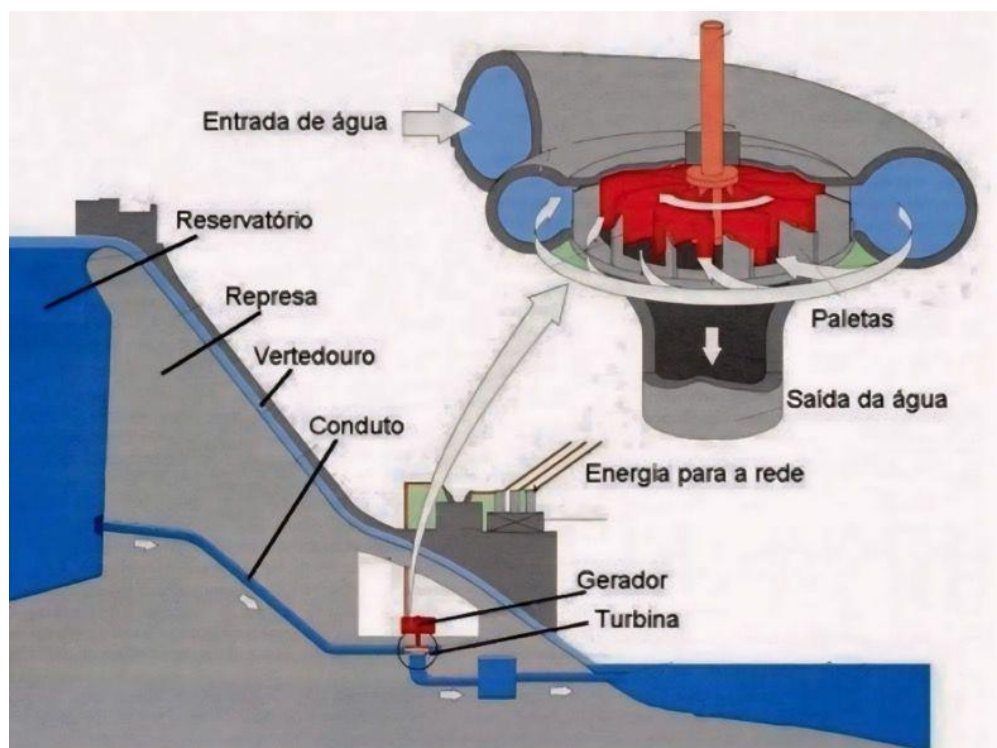
As usinas hidrelétricas que não tem reservatório de acumulação, são chamadas “hidrelétricas a fio d’água”, ou seja, utiliza a velocidade das águas dos rios para a geração de energia. A ausência do reservatório em épocas de seca, a capacidade energética produzida seja reduzida, ou em alguns casos, que a usina seja desativada em determinados períodos do ano. Nos processos de captação e adução são realizados por túneis, canais ou condutos metálicos, que o caminho da água até a casa de força.

Na casa de força é onde as turbinas estão localizadas, formadas por uma série de pás ligadas a um eixo, e este está conectado ao gerador. Sua eficiência que pode chegar a 90%, as turbinas hidráulicas são uma forma muito eficiente de conversão de energia primária em energia secundária (Queiroz et al., 2013).

As turbinas transformam energia cinética proveniente do movimento das águas em energia elétrica durante seu movimento giratório. Essas uma vez conectadas a geradores produzirão energia elétrica. Após passar pelas turbinas, a água é devolvida ao seu leito natural do rio, pelo canal de fuga. O vertedouro tem a finalidade de permitir a saída de água quando os reservatórios estiverem com os níveis acima do recomendado, isso pode ocorrer com excesso de chuva, ou de vazão.

Tendo mais água no reservatório do que se é necessário para a geração de energia é outro motivo para ser feita a abertura dos vertedouros, assim evitando enchentes em sua proximidade. Uma definição aos vertedouros seria como dique, paredes, ou aberturas as quais o líquido escoar. Aplica-se também aos extravasores das represas ou aos obstáculos das correntes de água (Queiroz et al., 2013). A figura 6 mostra como é o funcionamento de uma usina hidroelétrica.

Figura 6 – Esquema de funcionamento de uma usina hidroelétrica.



Fonte: (Queiroz et al., 2013).

2.5.3 Etapas para a instalação de uma usina hidrelétrica

Instalar uma usina hidrelétrica não é tão simples assim. É necessário passar por diversas etapas para realizar essa grande construção (Queiroz et al., 2013). Como:

- Identificar o rio em potencial – Para uma hidroelétrica é necessário como fonte um rio, não qualquer rio, já que não são todos que podem oferecer as condições necessárias, ele precisa ser compatível com o porte da obra para poder gerar energia e qual o aproveitamento que será necessário (Enebras Energia, 2022).
- Realizar estudos e projetos – É preciso fazer um estudo de inventário para comprovar o potencial hidrológico e energético do rio, avaliando a bacia ou trecho do curso d'água de forma abrangente. Assim identificando qual a melhor localização do rio para cada aproveitamento e avaliar os impactos cumulativos. Em cada aproveitamento é definido um arranjo prévio da estrutura que melhor possa atender as condições do local, podendo ser um projeto prévio de viabilidade (analisar se a obra é viável em relação aos investimentos e retorno, quais os possíveis danos ao meio ambiente), um projeto básico (desenvolvido após as empresas interessadas terem um registro autorizando a elaboração. Será definido a melhor alternativa para conceber o arranjo, tipo de estrutura

e dimensões, vertedouro, barramento, túnel e outros), um estudo de viabilidade técnica (aplica-se a UHEs com potência superior a 50MW, sujeitas a outorga de concessão. Busca otimizar o projeto e atestar sua viabilidade em um ponto de vista técnico, ambiental e econômico), projeto executivo (após definida a localização e a disposição das estruturas, elabora-se esse projeto para detalhamento dos componentes, movimentações de terra, instalações provisórias e documentos com informações importantes para compreensão do projeto) (Enebras Energia, 2022).

- Projeto econômico – Envolve várias etapas e fatores que devem ser e analisados, algumas das principais etapas e fatores considerados, são estudo de viabilidade (primeira parte, se realiza um estudo detalhado para avaliar a viabilidade do projeto. Incluindo uma análise do local proposto, disponibilidade dos recursos hídricos, demanda de energia na região). Uma análise de custo (com uma estimativa dos custos associados à construção e operação da usina com o custo de aquisição de terrenos, construção da usina, instalação de turbinas, construção de linhas de transmissão, entre outros). A análise de receita: Sendo a receita potencial gerada pela venda de eletricidade, essa depende de fatores como a tarifa de eletricidade e a demanda de energia na região). Também a análise de risco (envolve a identificação e avaliação de possíveis riscos associados ao projeto, seja riscos financeiros, técnicos ou ambientais). E a avaliação econômica (é realizada a comparação dos custos estimados com as receitas potenciais, dessa forma determina-se a rentabilidade do projeto e seus indicadores econômicos, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o período de retorno do investimento).
- Adquirir licenciamento ambiental – Após a consolidação do projeto básico e aprovação frente a ANEEL, inicia-se o licenciamento ambiental onde além da outorga d'água busca-se obter a licença prévia (concedida na fase preparatória onde é aprovado a localização da obra e viabilidade do projeto), licença de instalação (que permite a instalação do empreendimento em questão conforme o acordado no projeto), licença de operação (que autoriza o funcionamento da obra, desde que as licenças anteriormente citadas estejam em conformidade com a lei).
- Iniciar as obras – Construção da barragem, reservatório, canal de adução e conduto forçado (Enebras Energia, 2022).

2.6 Licenciamento Ambiental

Licenciamento Ambiental trata-se de um processo administrativo onde as autoridades ambientais dão autorização para executar atividades e operações que interfiram de alguma forma nos recursos ambientais. É estabelecido pela lei 6.938/81 de 31 de agosto de 1981 da política Nacional do Meio Ambiente define normas de preservação ambiental.

A licença ambiental é de extrema importância, pois é a responsável garantir que os empreendimentos causem o mínimo de danos ao meio ambiente, ele acompanha e analisa os projetos desde sua etapa inicial, auxiliando a prevenir ocorrências danosas e assegurando que os recursos sejam usados da maneira correta, controlando os impactos ambientais.

2.6.1 EIA

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) trata-se de um documento técnico multidisciplinar, onde se analisa os possíveis problemas resultantes da instalação, ampliação ou funcionamento de atividades de cunho industrial e/ou empresarial com potencial poluir e alterar e causar danos ao meio ambiente. É obrigatório para empresas que exercem atividades com alto potencial poluidor, com essa avaliação pode-se antecipar deteriorações, melhorando o planejamento e execução do projeto.

No entanto, os impactos ambientais não apresentam somente efeitos negativos, há também os positivos, que em última instância são os que conferem sustentabilidade econômica, social e ambiental ao empreendimento ou à atividade. É um trabalho com certo grau de complexidade constituído de várias fases, que envolve diversas atividades com recursos específicos, participação de grupos de pessoas (Teixeira; Zhouiri; Motta, 2020) (Alto, Fazenda Buriti, 2023) (Pargo, 2022). As etapas envolvidas nesse estudo são:

- Diagnostico ambiental do local – Que abrange os meios físicos, socioeconômicos e bióticos (Ética Ambiental, 2022).
- Análise dos impactos ambientais e possibilidades – Com previsões e interpretação de possíveis danos relevantes (Ética Ambiental, 2022).
- Medidas mitigadoras – Designadas para a correção dos impactos de cunho negativo ou redução dos danos (Ética Ambiental, 2022).
- Acompanhamento e monitoramento – Compara os impactos previstos com os que ocorreram (Ética Ambiental, 2022).

2.6.2 RIMA

O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dispõe todas as conclusões apresentadas no Estudo de Impacto Ambiental. Elaborado geralmente de forma objetiva para se compreender, contendo ilustrações por mapas, quadros, gráficos, ou seja, diversos recursos de visuais. O documento deve respeitar o sigilo industrial se caso for solicitado e pode ser acessível ao público (Ius Natura, 2020) (EcoDebate, 2015). As informações que devem conter no relatório:

- Finalidades e justificativas do projeto, sua relação com políticas setoriais e planos governamentais.
- Descrição e alternativas tecnológicas do projeto, como a matéria-prima, fontes de energia, resíduos, etc.
- Um resumo dos diagnósticos ambientais da área de influência do projeto.
- Descrição dos prováveis impactos ambientais que a implementação da atividade, dos métodos, técnicas e critérios utilizados.
- A caracterização da futura qualidade ambiental da área, com comparações das diferentes situações da implementação do projeto, e possibilidade da não realização do mesmo.
- Uma descrição das medidas mitigadoras associadas aos efeitos negativos e o grau de alteração esperado.
- Um programa de acompanhamento e monitoramento desses impactos.

O IBAMA disponibiliza um Roteiro Básico para a elaboração do EIA/RIMA e a partir do que poderá se desenvolver um Plano de Trabalho que o deverá ser aprovado pela secretaria. O RIMA é um documento público de transparência ao EIA, em linguagem acessível, didática, clara e objetiva, para que qualquer interessado tenha acesso à informação e exerça controle social (Ius Natura, 2020) (EcoDebate, 2015).

O RIMA é exigido na fase de Licença Prévia de empreendimentos ou atividades que possam causar significativa degradação ambiental. Se esses impactos forem significativos e não forem mitigados, o órgão ambiental poderá exigir compensações, ainda, os estabelecimentos licenciados com EIA/RIMA devem aplicar, uma porcentagem dos custos totais para a instalação do empreendimento em uma Unidade de Conservação, como uma forma de compensação ambiental (Ius Natura, 2020) (EcoDebate, 2015).

2.7 Principais Normas envolvidas

Algumas normas relacionadas ao tema e ao uso de recursos hídricos, concepções, instalações e outros, estão na Constituição Federal de 1988, onde para o setor elétrico tem-se:

- O art. 20 determinando que são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, além dos potenciais de energia hidráulica (Supremo Tribunal Federal, [acesso 2024]);
- O art. 21 estabelece que cabe à União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados, onde se situam os potenciais hidroenergéticos. E também, institui o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e define critérios de outorga de direito de seu uso (Supremo Tribunal Federal, [acesso 2024]);
- O art. 22 determina que cabe à União legislar sobre águas e energia elétrica e, em parágrafo único, dispõe que lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias neste artigo;
- O art. 175 incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão, ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

As competências do poder concedente são regulamentadas pelas Leis Federais n.º 8.666, de 21 de Junho de 1993, n.º 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e n.º 9.074, de 07 de julho de 1995 as quais definem as normas para licitação, o regime de concessão e as normas para outorga e prorrogação de concessões (Brasil, 1995).

A “Lei das Concessões” de n.º 8.666/93, institui normas para a realização de licitações e para assinatura de contratos de concessão de serviços públicos, também a outorga de concessões de aproveitamentos hidrelétricos. E com os artigos 6º e 12º dessa mesma Lei, deverão ser realizados e aprovados estudos de impacto ambiental como requisito para análise dos projetos básicos e executivos de obras e serviços. Segundo o estabelecido no artigo 5º, o poder concedente deve justificar a conveniência da outorga de concessão, além de caracterizar seu objeto, área e prazo, previamente à publicação do edital de licitação (Supremo Tribunal Federal, [acesso em 2024]).

Para os casos de realização de licitação em outorga de concessão em aproveitamento de potenciais hidráulicos superiores a 30.000 kW, de nome Usina Hidrelétrica – UHE, a Lei n.º 9.074/95 artigo 5º, dispõe que “nenhum aproveitamento hidrelétrico poderá ser licitado sem a

definição do ‘aproveitamento ótimo’ pelo poder concedente, podendo ser atribuída ao licitante vencedor a responsabilidade pelo desenvolvimento dos projetos básico e executivo” (Brasil, 1995).

Dado o Decreto 2.003, de 10 de setembro de 1996, artigo 3º, §3 refere-se que “todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico geral, níveis d’água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica” (Brasil, 1995).

Visto o Decreto mencionado, o órgão regulador e fiscalizador do poder concedente pode delegar, mediante autorização, a realização dos estudos técnicos necessários para definição do “aproveitamento ótimo”. Dessa forma, os estudos e levantamentos, aprovados pelo órgão regulador/fiscalizador, serão fornecidos a todos os interessados na licitação da outorga de concessão (Brasil, 1995).

Na Lei n.º 9.074/95 introduz mudanças alterações no setor elétrico (Cap. II exclusivamente sobre os serviços de energia elétrica), assim no estabelecimento de normas para a outorga e prorrogação das concessões e permissões de serviços públicos.

E na Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, extinguindo o DNAEE, de finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, conforme as políticas e diretrizes do governo federal (Ibama, [acesso em 2024]).

Em 04 de dezembro de 1998, a ANEEL criou duas importantes resoluções, como a resolução ANEEL n.º 393/98, estabelecendo os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Conceituando como inventário hidrelétrico, a etapa de estudos de engenharia em que se define o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica, com o estudo de divisão de quedas e as definições prévias do “aproveitamento ótimo”.

Na resolução ANEEL n.º 395/98 mostra os procedimentos gerais para registro e aprovação dos Estudos de Viabilidade e Projeto Básico de empreendimentos de geração hidrelétrica, assim como da autorização para exploração de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH até 30 MW (Ibama, [acesso em 2024]).

A Lei n.º 4.261, de 06 de junho de 2002, atribui competência ao Ministério de Minas e Energia – MME, que dispõe sobre a estrutura e funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE.

Na tabela 1, tem-se as informações sobre as regulamentações cabíveis na instalação de usinas hidrelétricas.

Tabela 1 – Regulamentações na instalação de usinas hidrelétricas.

LEI/RESOLUÇÃO	CONTEÚDO
LEI Nº 6.938/81	Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 1/86	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (Rima) para fins de licenciamento ambiental
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 9/87	Dispõe sobre a questão das audiências públicas
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237/97	Regulamenta os aspectos do licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente
LEI Nº 9.433/97	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos
LEI Nº 9.985/00	Estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação
DECRETO Nº 7.342/10	Institui o cadastro socioeconômico para identificação da população atingida por barragens e o Comitê Interministerial de Cadastramento Socioeconômico

Fonte: (Lima et al., 2017).

2.8 Impactos Ambientais

2.8.1 Conceito de Impacto Ambiental

Impacto ambiental é associado com danos à natureza, como mortandade da fauna silvestre de um ambiente por conta de um vazamento de petróleo em um rio ou mar, mas esse exemplo dá apenas uma parte do conceito, pela literatura há várias definições técnicas sobre impacto ambiental. Pode-se dizer que é toda alteração no meio ambiente ou em seus componentes, provocada por uma ação do homem (Sánchez, 2020).

2.8.2 Classificação de impactos ambientais

Há variadas formas nas quais pode-se classificar os impactos ambientais, como pelo tipo de impacto, podendo ele ser direto de causa diretamente ligada a atividade ou indiretos que é resultado de uma cadeia de eventos causada pela atividade. A natureza do impacto onde ele pode ser positivo promovendo então benéficos para o ambiente ou negativos sendo prejudiciais ao ambiente. Sua duração onde eles podem ser temporários de ocorrência apenas durante o andamento da atividade, permanentes quando continuam mesmo após a atividade ter cessado ou cíclicos que ocorrem em intervalos regulares.

Classificados também por tempo de manifestação, podendo ser imediatos no momento da atividade, de médio prazo sendo algum tempo após a atividade ou de longo prazo, muito tempo após a atividade. Sua reversibilidade, se os efeitos podem ser revertidos ou irreversíveis, sendo efeitos que não podem ser revertidos. A extensão que dependendo da área atingida, o impacto ambiental pode ser classificado em local, regional ou global. Mas essas classificações podem ter variações dependendo de seu contexto específico e da natureza da atividade realizada (Iema, 2012) (Sánchez, 2020).

2.8.3 Impactos ambientais de usinas hidrelétricas do mundo

Como foi mostrado antes, no Brasil e no mundo há diversas usinas hidroelétricas, sendo elas também responsáveis por alguns impactos ambientais. Como, por exemplo:

- Usina de Belo Monte, no estado do Pará – Houve algumas manifestações em relação à construção da barragem por conta de afetarem diretamente locais de morada de grupos indígenas e populações ribeirinhas (Custódio et al., 2022).
- Usina de Três Gargantas, na China: Localizada no rio Yangtzé na China, é a maior usina em termos de capacidade instalada, sua construção acarretou grandes impactos ambientais, como o deslocamento de milhares de pessoas, inundação de grandes áreas de terra, perda de biodiversidade e a alteração do regime hídrico do rio (Exame, 2023).
- Usina de Hoover, nos EUA: Localizada no rio Colorado, é uma grande fonte de energia renovável para a região, mas sua construção também resultou em impactos ambientais significativos, incluindo a alteração do fluxo do rio, perda de habitats aquáticos, terrestres e alteração dos ecossistemas locais (Stahl, 2021).
- Usina de Itaipu, Brasil/Paraguai: Localizada na fronteira entre o Brasil e o Paraguai, seus impactos ambientais, incluem a inundação de uma grande área de terra, o deslocamento de milhares de pessoas e a perda de biodiversidade (Ziober, 2009).

Também vale ressaltar que a construção de usinas hidroelétricas não traz apenas impactos negativos, tem-se a presença de impactos positivos, como além da geração de energia, tem a geração de empregos e renda, é uma fonte de energia renovável que não emite gases poluentes, promove turismo, entre outros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Rosana (Primavera), está localizado no estado de São Paulo. Tem uma população aproximada de 17.440 habitantes, dados do IBGE (2022), situado no extremo oeste do estado de São Paulo, faz a marcação do encontro da foz do rio Paranapanema com o rio Paraná. Abriga duas usinas hidrelétricas que incentiva a economia local, sendo elas a usina de Rosana e a de Primavera. Onde também a partir de agosto de 2003, o município passou a abrigar o agora Campus de Rosana - UNESP (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho) denominado FEC - Faculdade de Engenharia e Ciências, oferecendo cursos de ensino superior com graduação em Turismo e Engenharia de Energia, o que enriquece a região (Prefeitura Municipal de Rosana, 2023).

O distrito foi construído pela Companhia Energética de São Paulo (CESP) para abrigo de trabalhadores envolvidos na construção das Usinas Hidrelétricas de Primavera e de Rosana. Presentemente, Primavera exerce um importante papel, possuindo uma parte significativa do comércio, incluindo bancos (Santander, Banco do Brasil, Bradesco), fórum, instituições educacionais, e um hospital (Prefeitura Municipal de Rosana, 2024). Uma curiosidade de Primavera é que seu formato se assemelha a um navio, um detalhe icônico da região, que contribui na identidade do lugar. A figura 7 mostra os dados do município pelo site do IBGE.

Figura 7 – Dados do município de Rosana.



Fonte: (IBGE, 2022).

3.1.1 UHE Engenheiro Sérgio Motta

A Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, conhecida como UHE Porto Primavera, teve sua construção iniciada em 1980 e foi concluída em abril de 1998, sob a gestão da Companhia Energética de São Paulo. A UHE Porto Primavera possui uma barragem de 10.186,20 m, que cobre um reservatório de 2.250 km². Tem a potência instalada de 1.540 megawatts, impulsionada por 14 turbinas do tipo Kaplan, operando em desnível de 18,95 m e gerando, em média, 900 megawatts.

A usina faz uso de uma abordagem abrangente, promovendo a gestão sustentável da flora e fauna, onde sua área abriga a Reserva Particular do Patrimônio Natural Cisalpina (RPPN), que preserva 3.850 hectares de ecossistema natural e protege mais de 259 espécies de fauna nativa. Seu viveiro de mudas nativas produz aproximadamente 1,5 milhão de mudas por ano, contribuindo na diversidade arbórea da Mata Atlântica e do Cerrado (Auren, 2022).

Além disso, a UHE Porto Primavera destaca-se por haver fontes energéticas diversificadas, não se limitando apenas a hidroelétrica, é constituída por usinas solares e eólicas em projetos de Pesquisa & Desenvolvimento 21 (P&D) da CESP. Iniciativa que reforça seu compromisso com a tecnologia, desenvolvimento e a promoção de práticas de geração de energia mais sustentáveis. Assim, a usina não apenas se destaca como uma potência no quesito geração de energia, mas também contribui com o equilíbrio entre inovar, preservar o meio ambiental e ter compromisso com a sustentabilidade.

Sua localização privilegiada permite que forneça energia elétrica para milhares de pessoas, e contribui com o desenvolvimento econômico e social da região. Sua localização é uma área de grande importância ambiental, cercada por uma rica biodiversidade e paisagens exuberantes. Ela foi construída visando gerar energia elétrica para abastecer a região sudeste do Brasil, além de contribuir para o desenvolvimento econômico da região.

A figura 8 mostra uma vista da usina por satélite.

Figura 8 – Vista por satélite da localização da UHE Sérgio Motta.



Fonte: (Google Maps, 2024).

Já nas figuras 9 e 10, respectivamente, tem-se a vista da UHE Sérgio Motta sendo construída em meados dos anos 90.

Figura 9 – Vista geral da construção da UHE Sérgio Motta.



Fonte: (Acervo A Crítica, 2020).

Figura 10 – Construção da UHE Sérgio Motta.



Fonte: (Acervo A Crítica, 2020).

3.1.2 Áreas de influência da usina

Com sua localização entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul condicionada pelo rio Paraná, a área de influência da usina UHE Sérgio Motta abrange 12 municípios, seis na margem Paulista e seis na margem do sul-mato-grossense. Os municípios da área de influência podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Municípios afetados pela presença da UHE Sérgio Motta.

MUNICÍPIOS DENTRO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA	
SÃO PAULO	Mato Grosso
ROSANA	ANAUROLÂNDIA
PRESIDENTE EPITÁCIO	BATAGUASSU
PAULICÉIA	BRASILÂNDIA
PANORAMA	SANTA RITA DO PARDO
TEODORO SAMPAIO	BATAYPORÃ
CASTILHO	TRÊS LAGOAS

Fonte: (Própria autora, 2024).

Esses municípios estão diretamente afetados pela presença da usina e suas operações, tendo uma relação com o reservatório e o rio Paraná. Dessa forma, instalação da usina trouxe impactos socioeconômicos, ambientais e culturais para essas localidades. A formação do lago resultou na inundação de áreas e na modificação do uso do solo, afetando a paisagem e a disponibilidade de recursos naturais. Os impactos citados serão dispostos na Matriz de Leopold.

3.2 Coleta de informações e dados

Para a coleta de informações e dados, foi realizado uma profunda pesquisa, de forma abrangente, detalhada e minuciosa para reunir o material necessário tanto sobre a UHE Sérgio Motta e o distrito de Primavera–SP, quanto das competências relacionadas aos impactos ambientais, a matriz de Leopold, áreas afetadas e de que forma foram afetadas.

Utilizou-se o conhecimento adquirido durante o período de formação para o curso de engenharia de energia e as habilidades adquiridas nos estudos para esse trabalho, também sob orientação de uma engenheira ambiental capacitada, recorrido a várias fontes, como de literatura acadêmica, relatórios, documentos técnicos, comunicação com trabalhadores e responsáveis pela usina, estudos de caso sobre relatórios elaborados de avaliação de impactos ambientais, tanto em usinas hidrelétricas quanto em semelhantes que complementariam esse trabalho. Dessa forma, foi possível obter informações em diversas perspectivas e contextos.

3.3 Matriz de Interação

Matrizes de interação ambiental é uma ferramenta cujo objetivo é avaliar os impactos ambientais de um projeto de forma mais abrangente e sistemática. Desenvolvida como uma forma de melhoria em relação ao método de checklist, dessa maneira suprimindo suas limitações. Tal matriz consiste em uma lista de controle bidimensional, que relaciona os aspectos e impactos ambientais, permitindo a identificar dos impactos diretos, ou seja, as alterações que ocorrem no meio ambiente em contato direto com a ação transformadora do projeto (Sánchez, 2020).

Com a análise das interações entre os fatores ambientais e os elementos do projeto, pode-se determinar quais aspectos têm maior impacto e quais afetam os fatores ambientais mais relevantes.

A matriz de interação ambiental é uma metodologia simples, de vantagens significativas, possibilitando comparar diferentes alternativas de intervenção e abrange os

aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos. Mas deve-se destacar que também há desvantagens, como a subjetividade na avaliação da magnitude dos impactos, e possível não identificação dos impactos indiretos e a falta de consideração de algumas características (Sánchez, 2020) (Cremonez, 2014).

3.3.1 Matriz de Leopold

Existem diversos modelos de matrizes de interação ambiental, o modelo de Leopold é um dos mais reconhecidos. Consiste em colunas da matriz que representam as interações entre as ações do projeto, enquanto as linhas representam os impactos ambientais. Seus resultados são avaliados em escala de 1 a 10, considerando, critérios como a magnitude, importância e severidade, classificando-os como positivos ou negativos (Sánchez, 2020).

Essa matriz é uma metodologia simples, que apresenta vantagens significativas, como possibilidade de comparar diferentes alternativas de intervenção e abranger os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos. Sua principal vantagem é a capacidade de identificar de forma objetiva os impactos ambientais de um projeto, possibilitando tomar decisões mais sustentáveis e a implementação de medidas mitigatórias (Sánchez, 2020).

Alguns exemplos de sua aplicação incluem a construção de rodovias, barragens, parques industriais, empreendimentos imobiliários, entre outros. Por meio da análise dos impactos ambientais, é possível planejar e executar esses projetos de forma mais responsável e sustentável (Romanini et al., 2005) (Amaral, Lucena & Reis, 2013) (Sánchez, 2020).

3.3.2 Critérios utilizados para a classificação

Os critérios escolhidos para serem utilizados na construção da matriz de Leopold do presente trabalho foram:

- ✓ Tipo: Referente à natureza do impacto. Possibilitando ser direta (quando ocorre de forma imediata e visível) ou indireta (quando resulta de interações complexas e pode ocorrer por um período mais longo).
- ✓ Categoria: Referente à classificação do impacto como positivo (quando o impacto beneficia o meio ambiente ou a comunidade) ou negativo (quando é prejudicial, causando danos ou degradação).
- ✓ Área de Abrangência: Indicativo da extensão geográfica em que o impacto é observado. Pode ser local (limitado a uma determinada área), regional (afetando

uma região maior) ou estratégico (impactos que transcendem fronteiras geográficas).

- ✓ Duração: Período em que ocorre o impacto. Pode ser temporário (caracterizado por um curto tempo), cíclico (com ocorrências repetidas em intervalos regulares) ou permanente (impacto contínuo e permanente).
- ✓ Reversibilidade: Indicativo se o impacto analisado pode ser revertido ou mitigado ao encerrar a ação transformadora do projeto. Categorizado por reversível (quando é possível restaurar o estado anterior do ambiente) ou irreversível (quando o impacto é permanente e não pode ser completamente reparado).
- ✓ Magnitude: Representa a intensidade ou importância do impacto. Com variações entre fraco (com baixo nível de influência) a forte (com grande impacto no meio ambiente ou na comunidade).
- ✓ Prazo: Referente ao tempo necessário para que o impacto seja observado ou para a manifestação de suas consequências. Pode ser variável (com efeitos imediatos ou de longo prazo), médio (efetivo em um período transitório) ou longa (efeitos duradouros por um tempo considerável).

Essa forma de classificação e construção da matriz de Leopold é considerada mais subjetiva, pois depende da interpretação e perspectiva de quem a realiza, sendo de acordo com as experiências, conhecimentos e estudos realizados e apresenta uma análise qualitativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Impactos ambientais da UHE Engenheiro Sérgio Motta

4.1.1 Impactos associados a instalação da usina

Diante os estudos e análises elaborados, detectou-se sob a construção e operação da usina de Porto Primavera impactos em sua região de abrangência, onde pode-se citar os principais relacionados à instalação da usina:

Inundação de áreas: Para a formação do reservatório da usina, que abastece a UHE Sérgio Motta, resultou na inundação de uma grande área de terras, incluindo florestas, vegetação nativa, campos e áreas habitadas. A inundação levou ao deslocamento de comunidades locais e à perda de habitats naturais de animais.

Alterações no fluxo do rio: A barragem da usina tem grande influência no fluxo do rio Paraná, afetando a dinâmica dos sedimentos e o transporte de nutrientes ao longo do rio. Podendo causar à erosão em algumas áreas e à deposição excessiva de sedimentos em outras, resultando em mudanças no habitat aquático.

Mudanças na qualidade da água: Com a formação do reservatório pode alterar a qualidade da água. A decomposição de matéria orgânica submersa resulta na diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a vida aquática. Além disso, a construção e operação da usina podem causar o aumento da turbidez da água, o que afeta a penetração da luz e a fotossíntese dos organismos aquáticos.

Perda de habitats naturais: A inundação causada pela formação do reservatório resultou na perda de habitats terrestres, incluindo florestas e áreas de vegetação nativa. Isso pode levar à fragmentação de populações de animais e plantas, além da perda de biodiversidade com a morte de peixes e outros animais.

Impactos sobre a flora e fauna terrestres: A inundação, perda de habitats terrestres e vegetação, afetam também a fauna e a flora da região. Espécies de animais e plantas que dependem de habitats específicos podem ser deslocadas ou mesmo perdidas. A fragmentação das áreas naturais remanescentes pode dificultar a movimentação e o intercâmbio genético entre as populações, reduzindo a diversidade genética.

Desmatamento: O desmatamento foi uma consequência da inundação causada pela formação do reservatório. Árvores e vegetação foram submersas, resultando na perda de biodiversidade e na redução das áreas de habitat para a fauna local.

Relocalização de comunidades: A construção da usina exigiu a desapropriação de terras e a relocação de comunidades que viviam dentro da área afetada. Isso teve impactos sociais significativos, incluindo a perda de terras produtivas, mudanças culturais e desafios para a adaptação das comunidades a novas condições de vida.

Modificação da paisagem: A formação do reservatório e a presença da barragem alteraram a paisagem natural da região. A inundação transformou áreas terrestres em corpos d'água e criou uma nova topografia, afetando a estética visual e a percepção do ambiente.

Erosão e assoreamento: A alteração do fluxo do rio Paraná devido à barragem pode causar processos de erosão em algumas áreas e o acúmulo excessivo de sedimentos em outras. Isso pode afetar negativamente a qualidade do solo, a estabilidade das margens do rio e a saúde dos ecossistemas aquáticos.

4.1.2 Impactos associados a operação da usina

Na operação há uma série de impactos que ocorrem devido ao funcionamento contínuo da usina. Abaixo estão citados alguns dos principais impactos associados à operação da UHE Sérgio Motta:

Efeito na ictiofauna: A operação da usina pode causar alterações no ecossistema aquático, afetando diretamente a fauna de peixes. As mudanças, como a variação da vazão e do nível da água, podem interferir na reprodução, migração, alimentação e comportamento dos peixes.

Alteração do regime hidrológico: A operação da usina envolve o controle do fluxo de água do rio através da barragem. Isso pode resultar em mudanças no regime hidrológico natural, que interfere na disponibilidade de água em trechos do rio abaixo da barragem. Essas mudanças podem ter impacto na ecologia aquática, incluindo na migração de peixes e no funcionamento dos ecossistemas ribeirinhos.

Efeito na fauna aquática: Causa efeitos especialmente na migração de peixes. A presença de barragens pode obstruir a rota migratória natural dos peixes, dificultando sua reprodução e afetando as populações locais.

Alteração dos sedimentos: A barragem retém parte dos sedimentos transportados pelo rio. Isso pode levar à redução da carga de sedimentos rio abaixo, o que pode ter consequências para a erosão e a formação de habitats em áreas afetadas.

Mudanças na paisagem e uso do solo: Áreas próximas à margem do reservatório podem sofrer processos erosivos e assoreamento, enquanto outras podem ser afetadas por inundações sazonais.

Alterações na dinâmica das águas subterrâneas: A formação do reservatório e a operação da usina podem ter impactos nas águas subterrâneas da região. Mudanças no regime hidrológico e na dinâmica do fluxo de água podem afetar os aquíferos e os lençóis freáticos, influenciando a disponibilidade de água para usos diversos.

Impactos na qualidade do ar: Com a matéria orgânica presente na área do reservatório pode levar à emissão de gases, como metano, por conta de sua decomposição.

Alteração dos processos naturais de sedimentação: Pode interferir nos processos naturais de sedimentação, reduzindo a quantidade de sedimentos transportados rio abaixo. Isso pode levar a mudanças nas características dos solos nas áreas afetadas e na dinâmica dos rios.

Riscos de acidentes ambientais: A operação de uma usina hidrelétrica envolve riscos potenciais de acidentes, como rompimento da barragem ou vazamentos de substâncias químicas usadas na manutenção das turbinas. Esses eventos podem ter consequências graves para o meio ambiente, incluindo a contaminação da água e do solo, além de impactos na fauna e flora.

Influência na avifauna: A formação do reservatório e a operação da usina podem afetar as aves que habitam a região. A inundação de áreas de vegetação e a alteração do ambiente aquático podem modificar os habitats e padrões de alimentação das aves, impactando suas populações locais e seus padrões de migração.

Perda de sítios arqueológicos: Estudos mostraram que dentre as áreas afetadas pela usina tem-se a área do sítio arqueológico de Tiziu no alto rio Paraná.

Geração de empregos: A operação da usina pode ter impactos socioeconômicos na região. Isso inclui a geração de empregos diretos e indiretos, a arrecadação de royalties e impostos, bem como a influência na atividade econômica local, especialmente aquelas relacionadas à pesca e ao turismo.

Fonte geradora de energia renovável: Usinas hidrelétricas tem como fonte primária a água, não realizando a queima de combustíveis fósseis para a geração de energia, o que a torna renovável.

Libera gás carbônico: Há emissão de dióxido de carbono (CO₂), com a decomposição da matéria orgânica inundada que fica presente no reservatório; no entanto durante a geração de eletricidade a partir da água a usina não libera gases nocivos.

Energia de menor custo: Em comparação a outras fontes de energia, a energia hidrelétrica tem seu custo de produção relativamente baixo. Contribuindo para tornar a eletricidade mais acessível para os consumidores finais.

Promoção do turismo: A usina apresenta um potencial turístico que pode atrair visitantes e contribuir com a economia local.

Fonte de estudo para universitários: Com o funcionamento da usina é possível promover estudos das diversas fontes de energia implementadas dentro da mesma, sendo de grande potencial para universitários da região, promovendo visitas técnicas e informações.

Abalos sísmicos: A operação de usinas hidrelétricas, em alguns casos, causa abalos sísmicos. Conhecidos como “sísmicidade induzida”, decorrentes de quando grandes volumes de água são armazenados nos reservatórios de usinas hidrelétricas.

Promoção de desenvolvimento: Usinas hidrelétricas tem um grande papel para um desenvolvimento sustentável, e com sua implementação e operação trouxe para a região maior visibilidade, com mais moradias, empregos e desenvolvimento do distrito Primavera.

É importante ressaltar que muitos desses impactos seja associado a construção ou a operação da usina podem e são gerenciados por meio de estudos ambientais, programas de monitoramento, adoção de boas práticas de operação e implementação de medidas de mitigação e compensação, para minimizar os efeitos adversos e promover a sustentabilidade.

4.2 Classificação dos impactos ambientais da UHE Engenheiro Sérgio Motta

Tal classificação no presente estudo é uma etapa essencial na avaliação desses impactos e na construção de uma matriz de Leopold. Foi realizada para auxiliar na identificação e avaliação dos impactos potenciais do empreendimento, permitindo uma compreensão mais profunda das ações e consequências resultantes.

Isso possibilita observar quais ações são mais impactantes e quais fatores ambientais são mais afetados. Portanto, foi fundamental para entender a extensão e a natureza dos impactos, o que por sua vez ajuda na tomada de decisões e na implementação de medidas de mitigação eficazes.

4.3 Matriz de interação da UHE Engenheiro Sérgio Motta modelo Leopold

Na tabela 3, está presente a Matriz de modelo Leopold em acordo com a UHE Sérgio Motta.

Tabela 3 – Matriz de Leopold associada a UHE Sérgio Motta.

MATRIZ DE LEOPOLD IMPACTOS AMBIENTAIS																					
Fatores Ambientais	Ações do Projeto	CRITÉRIOS																	IMPACTOS		
		TIPO		CATEGORIA		ÁREA DE ABRANGÊNCIA			DURAÇÃO			REVERSIBILIDADE		MAGNITUDE			PRAZO				
		Direto	Indireto	Positivo	Negativo	Local	Regional	Estratégico	Temporário	Cíclico	Permanente	Reversível	Irreversível	Fraca	Média	Forte	Variável	Médio		Longo	
FATORES AMBIENTAIS	FÍSICO	Terra																	Inundação de áreas		
		Água																	Alteração do fluxo do rio		
																			Mudanças na qualidade da água		
	BIOLÓGICO	Atmosfera																	Perda de habitats naturais		
																			Impactos sobre a fauna terrestre e a flora		
		Flora																	Desmatamento		
																			Realocação de comunidades		
	CULTURAL	Fauna																	Modificação da paisagem		
																				Erosão e assoreamento	
		Uso da terra																		Perda de sítios arqueológicos	
																				Alteração do regime hidrológico	
	FATORES AMBIENTAIS	Aspecto Cultural																		Efeito na fauna aquática	
																					Alteração dos sedimentos
																					Mudanças na paisagem e uso do solo
																					Influência socioeconômicas
																					Alterações na dinâmica das águas
																					Impactos na qualidade do ar
																					Alteração da sedimentação
																			Risco de acidentes ambientais		
																		Influência na avifauna			
																		Impactos sobre a ictiofauna			
																		Fonte geradora de energia renovável			
																		Libera gás carbônico			
																		Energia de menor custo			
																		Promoção do turismo			
																		Fonte de estudo para universitários			
																		Geração de empregos			
																		Abalos sísmicos			
																		Promoção de desenvolvimento			

Fonte: (Própria autora, 2024).

A legenda para a matriz está presente na tabela 4.

Tabela 4 – Legenda da Matriz de Leopold associada a UHE Sérgio Motta.

LEGENDA	
COR	MEIO AFETADO
	Biológico e Físico (Terra)
	Físico (Água)
	Biológico (Flora e Fauna)
	Físico (Terra) e Biológico (Fauna e Flora)
	Cultural (Uso da Terra)
	Físico (Terra)
	Cultural (Aspecto Cultural)
	Biológico (Fauna)
	Físico (Atmosfera)
COR	ASPECTO DA MATRIZ
	Impactos
	Fase da usina
	Fase da usina (Instalação)
	Fase da usina (Operação)
	Critérios de avaliação utilizados

Fonte: (Própria autora, 2024).

Em vista da matriz, a legenda e os impactos apresentados, nos fatores ambientais foi separado em físico, que abrange à terra, a água e a atmosfera, o biológico abrangendo a fauna e a flora, e o cultural que abrange o uso da terra e aspectos culturais e sociais. Seguindo essas classes nos critérios selecionados para a avaliação, cada retângulo colorido está dentro dos critérios. Assim, interpretando a legenda e associando a cada impacto tem-se:

Inundação de áreas: Com classificação em tipo de impacto direto, de categoria negativa, de área de abrangência regional, duração permanente, reversibilidade irreversível, apresentando magnitude forte e de prazo longo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (terra) e biológico tanto a flora quando a fauna.

Alterações no fluxo do rio: Um impacto de tipo direto, categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Mudanças na qualidade da água: Um impacto de tipo direto, categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente caso as medidas necessárias não sejam tomadas,

sendo reversível com as devidas medidas de mitigação, de magnitude média e médio prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Perda de habitats naturais: Um impacto de tipo direto, categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente, reversível para caso sejam desenvolvidos novos habitats, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao biológico tanto a flora quando a fauna.

Impactos sobre a flora e fauna terrestres: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente se medidas não fossem tomadas, reversível para caso sejam realizadas medidas mitigadoras, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao biológico tanto a flora quando a fauna.

Desmatamento: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, área de abrangência regional, de duração temporária, reversível para caso seja realizadas medidas auxiliares, de magnitude forte e médio prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico em todos seus aspectos e no biológico tanto a flora quando a fauna.

Relocalização de comunidades: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, área de abrangência estratégica, de duração permanente, impacto reversível com as comunidades sendo remanejadas a outras moradias, de magnitude média e longo prazo.

Modificação da paisagem: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente, sendo irreversível, de forte magnitude e de longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (terra) todos os aspectos terrestres.

Erosão e assoreamento: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente, sendo irreversível, de forte magnitude e de longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água) todos os aspectos terrestres.

Perda de sítios arqueológicos: Classificado como tipo indireto, categoria negativa, área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, magnitude fraca e de longo prazo. De acordo com a cor designada é referente a um fator cultural de aspecto cultural.

Alteração do regime hidrológico: Um impacto de tipo direto, categoria negativa, área de abrangência estratégica, de duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Efeito na fauna aquática: Um impacto de tipo direto, categoria negativa, área de abrangência regional, de duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao biológico (fauna).

Alteração dos sedimentos: Um impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Mudanças na paisagem e uso do solo: Um impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência local, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (terra).

Alterações na dinâmica das águas subterrâneas: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, com área de abrangência estratégica, com duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Impactos na qualidade do ar: Um impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência local, duração cíclica, reversível, de magnitude fraca e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (atmosfera).

Alteração dos processos naturais de sedimentação: Impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude média e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (água).

Riscos de acidentes ambientais: Impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração cíclica, irreversível, de magnitude média a depender do tipo de acidente ambiental e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico e biológicos em todos os seus aspectos.

Influência na avifauna: Impacto do tipo indireto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao biológico (fauna).

Efeito na ictiofauna: Um impacto do tipo indireto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (fauna).

Fonte geradora de energia renovável: Impacto do tipo direto, em categoria positiva, com área de abrangência estratégica, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (uso da terra).

Libera gás carbônico: Impacto do tipo direto, em categoria negativa, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e longo prazo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (atmosfera).

Energia de menor custo: Impacto do tipo direto, em categoria positiva, com área de abrangência estratégica, duração cíclica, irreversível, de magnitude forte e prazo variável a

depende das flutuações de preços, e condições para geração de energia. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (aspecto cultural).

Promoção do turismo: Impacto do tipo indireto, em categoria positiva, com área de abrangência local, duração cíclica, reversível, de magnitude média e prazo variável. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (aspecto cultural).

Fonte de estudo para universitários: Impacto do tipo indireto, em categoria positiva, com área de abrangência local, duração cíclica, reversível, de magnitude média e prazo variável. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (aspecto cultural).

Abalos sísmicos: Impacto do tipo direto, de categoria negativa, de área de abrangência local, duração permanente, reversibilidade irreversível, apresentando magnitude média e de prazo longo. De acordo com a cor designada é referente ao físico (terra).

Geração de empregos: Impacto do tipo indireto, em categoria positiva, com área de abrangência local, duração cíclica, reversível, de magnitude forte e prazo médio. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (uso da terra).

Promoção de desenvolvimento: Impacto do tipo indireto, em categoria positiva, com área de abrangência regional, duração permanente, irreversível, de magnitude forte e prazo longo. De acordo com a cor designada é referente ao cultural (aspecto cultural).

4.4 Proposta de mitigação dos impactos

As usinas hidrelétricas, assim como todas as fontes de energia, podem causar diversos impactos ambientais significativos, como os citados nos itens anteriores do presente trabalho. Entretanto, existem várias medidas que podem ser adotadas para minimizar esses impactos. As medidas propostas incluem:

- Controle da qualidade hídrica: Implementar um sistema de controle contínuo da qualidade da água tanto no reservatório quanto no rio Paraná, visando identificar potenciais reflexos, tais como o acúmulo de nutrientes e partículas sólidas. A partir das informações obtidas, ações corretivas podem ser adotadas para minimizar a contaminação da água.
- Gestão de peixes migratórios: A implementação de sistemas de transposição de peixes, como escadas ou elevadores para peixes, para que espécies migratórias, como dourado, pintado e outros, possam passar e completar seus ciclos reprodutivos.

- Conservação da fauna e flora: Proteger áreas de vegetação nativa e habitats de espécies ameaçadas de extinção dentro das áreas afetadas. Incluindo a criação de reservas naturais, corredores ecológicos, realização de planos de manejo para preservar a biodiversidade.
- Controle de erosão: Realizar medidas para controle de erosão e assoreamento nas margens do rio e no reservatório, dentre elas estão, plantio de vegetação adequada e a obras de contenção, minimizando a sedimentação e a perda de solo.
- Gestão do fluxo de água: Adotar um regime natural do rio, ajustando o fluxo de água liberado por conta de impactos sobre o ecossistema aquático e áreas ribeirinhas. Promover simulações de cheias sazonais para renovar o solo e a manutenção dos habitats.
- Recuperar de áreas degradadas: Realizar reflorestamentos, reintrodução de espécies nativas e restauração dos cursos d'água afetados.
- Engajamento com as comunidades locais: Promover uma participação das comunidades locais nas decisões relacionadas à usina. Bem como o apoio a projetos sociais e econômicos sustentáveis que beneficiem a região. Disponibilizar de forma clara informações sobre a usina e os acontecimentos na mesma, incluindo palestras, campanhas. Já que a desinformação pode causar diversos problemas, medo e receio das populações.
- Energias renováveis complementares: Fazer o investimento em fontes de energia renovável complementares à hidrelétrica, como energia solar, eólica ou heliotérmica.
- Monitoramento de espécies aquáticas: Realizar o monitoramento das populações de peixes e organismos aquáticos, incluindo o desenvolvimento de áreas de proteção e a realização de programas de repovoamento.

Deve-se ressaltar que essas propostas são realizadas pela empresa responsável da usina, como a escada para peixes, a implementação de outras fontes geradoras de energias renováveis dentro da usina. São liberados relatórios anuais sobre a usina e seu trabalho, o relatório do ano de 2022 discute sobre as iniciativas da nova empresa responsável, mostra progressos feitos por ela, informações sobre a nova gestão, trata sobre o crescimento sustentável que buscam, estratégias e outros pontos fundamentais. Também dispõe de um documento constando as políticas de sustentabilidade da empresa com amplas informações (Auren, 2024).

No ano de 2023 foi disponibilizado um plano de ação de emergência para a usina em questão, visando atender as disposições da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), onde nesse documento é descrito as instalações da barragem, possíveis emergências, estabelece procedimentos técnicos e administrativos a serem adotados, medidas para um caso de ruptura da barragem ou ocorrências anormais, estabelece de forma clara e objetivas as atribuições e responsabilidades dos envolvidos, então mesmo com os impactos causados medidas estão sendo tomadas para promover a sustentabilidade, manutenção, proteção e preservação (Auren, 2024).

4.5 Pontos positivos de UHE Engenheiro Sérgio Motta

É importante apresentar que a UHE Sérgio Motta, também possui uma série de vantagens significativas que a tornam uma opção atraente para a geração de energia. Primeiramente sua energia hidrelétrica é uma fonte renovável. Utiliza a água, um recurso natural, continuamente reabastecido pelo seu ciclo na Terra. Ao contrário dos combustíveis fósseis, não é limitada para se esgotar. Além disso, é uma forma de energia que não emite dióxido de carbono, um gás de efeito estufa que contribui para as mudanças climáticas.

Pode-se dizer também que é uma fonte barata de eletricidade, uma vez que a usina hidrelétrica foi construída, o custo de operação e manutenção é relativamente baixo, resultando em um custo de energia mais baixo para os consumidores finais, que como citado antes, a UHE Sérgio Motta influencia em diversas cidades e municípios. Também promove turismo na região, e é fonte de estudo e exemplo de outras fontes de energia, como a eólica, solar, hipotérmica e outros apresentados em visita técnica para estudantes da universidade FEC - Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Rosana – Unesp no curso de Engenharia de Energia. Sua construção promoveu empregos, possibilitando moradias para famílias e desenvolvimento para Primavera e região.

5 CONCLUSÃO

Objetivando melhorar, desenvolver e criar tecnologias que facilite as questões do dia a dia, o homem explora o meio ambiente, seja de forma negativa ou positiva. Esse trabalho buscou tratar sobre os impactos ambientais causados pela construção e operação da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, tanto quanto também medidas que podem e foram tomadas em relação a esses impactos, fazendo o uso da tecnologia de estudo de matriz de interação de modelo Leopold.

É notável que a construção e funcionamento de usinas hidrelétricas é um motivo de conflitos socioambientais, por conta disso é importante realizar o levantamento da viabilidade de projetos como esse. A necessidade do homem por energia é crescente, assim como a busca por sustentabilidade no processo de obtenção e uso de energia.

Dentro desse pressuposto é importante a visão que, a construção da usina em questão gerou impactos ambientais e socioeconômicos negativos, tratados e discutidos dentro desse trabalho, como a inundação de áreas, fluxo de rios alterado, perda de habitats naturais, mudanças na qualidade da água, entre outros, mas também gerou impactos positivos. O fornecimento de uma energia elétrica renovável fornece um desenvolvimento sustentável para o homem.

Assim, a construção e operação da UHE Sérgio Motta causou impactos ambientais e socioambientais, sim, mas forneceu e fornece melhores condições para a energia nas regiões de seu uso, promove estudos e sustentabilidade em vários aspectos também.

Um ponto de extrema importância dentro desse estudo, é a gestão desses impactos e de empreendimentos de tal cunho. As medidas mitigatórias e compensatórias são um caminho para minimizar os efeitos negativos, promover práticas sustentáveis é a alternativa para uma produção de energia mais limpa, fundamentais para a preservação do meio ambiente e do mundo.

Dessa forma, abordando os aspectos desse estudo dentro da engenharia de energia, promover as práticas de forma sustentável investindo em trabalhos, ferramentas e pesquisas para conhecer as possíveis e futuras problemáticas que as nossas fontes geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia, é um dos passos a serem dados rumo ao ideal da geração de energia elétrica.

Dado esse passo, é fundamental saber gerenciar as problemáticas e desafios das fontes de energia, saber realizar a gestão, a administração dessas fontes geradoras de energia. Promovendo esses dois grandes aspectos para o desenvolvimento, caminhar para uma

implementação de sistemas de energia consciente, estudar, descobrir, criar fontes de energia renováveis, reduzir o consumo de materiais, conservar os recursos naturais, tudo rumo a eficiência energética, suprimindo as demandas e necessidades do homem, sem prejudicar a natureza e a vida que a constitui. Cabe ao engenheiro de energia tomar esse desafio, e com estudos como esse experimentar suas habilidades e conhecimentos.

REFERÊNCIAS

A CRÍTICA. Memória A Crítica: Construção da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Disponível em: <<https://www.acritica.net/editorias/cultura/memoria-a-critica-construcao-da-usina-hidreletrica-de-porto-primavera/433392/>>. Acesso em: 03 abr. 2024.

ALTO, FAZENDA BURITI. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL-EIA. Acesso em: 08 abr. 2024.

AMARAL, COELHO, IGOR BRUMANO; LUCENA, NOGUEIRA, HELENA DE ANDRADE; REIS, ARLETE BARBOSA DOS. Adaptação da Matriz de Leopold para Avaliação de Impactos de Sistemas Tecnológicos de Drenagem Pluvial Urbana. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 1-8. Acesso em: 23 mar. 2024.

ANDRADE BARROSO, Fábio et al. Impactos Ambientais na Produção de Energia na Hidroelétrica. Revista Campo do Saber, v. 4, n. 4, 2018. Acesso em: 20 mar. 2024

AUREN ENERGIA. Disponível em: <<https://www.aurenenergia.com.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

AUREN. Relatório Anual e de Sustentabilidade 2022. Disponível em: <<https://ri.aurenenergia.com.br/governanca-corporativa/relatorio-anual-edesustentabilidade/>>. Acesso em: 21 mar. 2024.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 29 de jan. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm. Acesso em: 20 mar. 2024.

CALDEIRA, Julianna. “RIMA | Tudo Sobre O Relatório de Impacto Ambiental.” Ius Natura, 15 July 2020, iusnatura.com.br/relatorio-impacto-ambiental-rima/. Acesso em: 05 mar. 2024.

CELERE. Construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu – uma jornada épica. Disponível em: <<https://celere-ce.com.br/grandes-obras-da-engenharia/construcao-usina-hidreletrica-de-itaipu/>>. Publicado em: 19 jul. 2021. Acesso em: 10 fev. 2024.

CELERE. Hidrelétrica das Três Gargantas: história, desafios e curiosidades sobre a construção. Disponível em: <<https://celere-ce.com.br/grandes-obras/hidreletrica-das-tres-gargantas/>>. Publicado em: 21/ mar. 2022. Acesso em: 10 fev. 2024.

CETENCO. Usina Hidrelétrica de Guri. Disponível em: <<https://cetenco.net.br/br/obras/realizadas/1/3>>. Atualizado em: 2024. Acesso em: 18 fev. 2024.

CHACON-PEREIRA, Alessandra et al. Educação ambiental na gestão de recursos hídricos baseada no modelo de licenciamento ambiental. *Desenvolvimento e meio ambiente*, v. 49, 2018. 20 fev. 2024.

CREMONEZ, Filipe Eliazar et al. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. *Revista Monografias Ambientais*, p. 3821-3830, 2014. Acesso em: 13 mar. 2024.

CUSTÓDIO, Douglas et al. Usinas hidrelétricas e seus impactos ambientais. *Anais da Exposição Anual de Tecnologia, Educação, Cultura, Ciências e Arte do Instituto Federal de São Paulo-Câmpus Guarulhos*, v. 2, 2022. Acesso em: 26 mar. 2024.

DO PIAUÍ-PI, NAZARÉ. RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL-RIMA. 2021. Acesso em: 18 fev. 2024

ENERBRAS ENERGIA. “Você Sabe Quais São as Etapas Para Construção de Uma Hidrelétrica?” ENEBRAS Energia, 15 Aug. 2022, www.enebrasenergia.com.br/quais-sao-as-etapas-construcao-hidreletrica/. Acesso em: 18 fev. 2024

ETICA AMBIENTAL. “O Que é Estudo de Impacto Ambiental? Entenda!” *Ética Ambiental*, 26 Jan. 2022, etica-ambiental.com.br/estudo-de-impacto-ambiental-eia/. Accessed 18 Feb. 2024.

EXAME. Três Gargantas: a maior usina hidrelétrica da China e do mundo. Disponível em: <https://exame.com/mundo/tres-gargantas-a-maior-usina-hidreletrica-da-china-e-do-mundo/>. Acesso em: 20 mar. 2024

FACURI, Micheline Ferreira. A implantação de usinas hidrelétricas e o processo de licenciamento ambiental: A importância da articulação entre os setores elétrico e de meio ambiente no Brasil. 2004. Acesso em: 24 mar. 2024

FARIAS, Marta Emília Aires Cavalcante; DE FÁTIMA MARTINS, Maria; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Agenda 2030 e Energias Renováveis: sinergias e desafios para alcance do desenvolvimento sustentável. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 17, p. e13101723867-e13101723867, 2021. Acesso em: 29 jan. 2024

FSO PARGO E. NOVO DUTO. Estudo de Impacto Ambiental| EIA. CEP, v. 20031, p. 0004, 2022. Acesso em: 21 mar. 2024

GARBACCIO, Grace Ladeira; SIQUEIRA, Lyssandro Norton; DE BESSA ANTUNES, Paulo. Licenciamento ambiental: necessidade de simplificação. *Revista Justiça do Direito*, v. 32, n. 3, p. 562-582, 2018. Acesso em: 18 fev. 2024

GEHRKE, Poleana; GORETTI, Ana Alice Timm; AVILA, Lucas Veiga. Impacts of the energy matrix on Brazilian sustainable development. *Revista de Administração da UFSM*, v. 14, p. 1032-1049, 2022. Acesso em: 22 mar. 2024

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos avançados*, v. 21, p. 7-20, 2007. Acesso em: 04 fev. 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama: Rosana. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rosana/panorama>>. Acesso em: 21 mar. 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Resolução nº 395, de 4 de dezembro de 1998. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANEEL/RS0395-041298.PDF>. Acesso em: 20 mar. 2024

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: Central de Tratamento de Resíduos de São Mateus. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RIMAS/RIMAS_2012/2017.04.06%20-%20RIMA_RT_391_11_RIMA.pdf Acesso em: 20 mar. 2024

MARI JÚNIOR, Alvaro et al. Vantagens e desvantagens da energia hidráulica. Acta Iguazu, v. 2, n. 4, p. 20-28, 2013. Acesso em: 11 fev. 2024

KORZENIEWICZ, Mariza Bethanya Dalla Vecchia et al. Análise da matriz energética brasileira e a participação das energias renováveis a partir das políticas ambientais energéticas. 2021. Acesso em: 29 jan. 2024

LIMA, Andreina Del Carmen Camero et al. Implantação de Usinas Hidrelétricas e Teoria dos Stakeholders: Analisando o processo de negociação a partir de um estudo de caso. Desenvolvimento em Questão, v. 15, n. 41, p. 457-497, 2017. Acesso em: 18 fev. 2024

LOSEKANN, Luciano; HALLACK, Michelle Carvalho Metanias. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. 2018. Acesso em: 29 jan. 2024

NAIME, ROBERTO. “Os Relatórios de Impacto Ambiental - RIMAs, Artigo de Roberto Naime.” EcoDebate, EcoDebate, 22 Jan. 2015, www.ecodebate.com.br/2015/01/22/os-relatorios-de-impacto-ambiental-rimas-artigo-de-roberto-naime/. Acesso em: 18 fev. 2024

NEOENERGIA. Belo Monte. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/energia-hidrica/belo-monte>. Atualizado em: 16 fev. 2024. Acesso em: 18 fev. 2024

NORTE ENERGIA. UHE Belo Monte. Disponível em: <https://www.norteenergiasa.com.br/uhe-belo-monte/>. Atualizado em 2024. Acesso em: 18 fev. 2024

NUBB. As Maiores Usinas Hidrelétricas do Mundo: Principais Fontes de Energia. Disponível em: [<https://nubb.com.br/as-maiores-usinas-hidreletricas-do-mundo-principais-fontes-de-energia/>]. Publicado em 23 de novembro de 2023. Acesso em: 11 fev. 2024

OLIVEIRA, MARCOS GRABRIEL NUNES DE; CRUZ, LEITE, MARIA ANGELICA FERREIRA, THALISSA. Impactos causados pelo uso dos combustíveis fósseis e o uso do biocombustível como solução viável. 2021. Acesso em: 29 jan. 2024

OLIVEIRA, Rafael Cajano; JUNGER, Alex Paubel. Utilização de combustíveis fósseis no Brasil e suas consequências ambientais. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e466997537-e466997537, 2020. Acesso em: 29 jan. 2024

PAIVA, Daniel Costa; ALVES, Hugo Verly. *Evolução Tecnológica e as Diferentes Gerações*. 2018. Acesso em: 29 jan. 2024

PANDOLFO, LUANA; FAN, FERNANDO MAINARDI. Há sistematização na avaliação de impactos ambientais para o licenciamento de hidrelétricas?. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (23.: Foz do Iguaçu, 2019). *Anais [recurso eletrônico]*. Porto Alegre: ABRH, 2019, 2019. Acesso em: 29 jan. 2024

PARA O DEBATE, Uma Contribuição. *Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil*. Acesso em: 18 fev. 2024

PRAMAC. Conheça as 5 maiores usinas hidrelétricas do mundo. Disponível em: <<https://pramac.com.br/conheca-as-5-maiores-usinas-hidreletricas-do-mundo/>>. Acesso em: 04 fev. 2024

PREFEITURA MUNICIPAL DE ROSANA. Cidade de Rosana. 2023a. Disponível em: <https://www.rosana.sp.gov.br/turismo/a-cidade/#:~:text=Rosana%20foi%20fundada%20pelo%20est%C3%ADmul,hoje%20Mato%20Grosso%20do%20Sul>. Acesso em: 26 fev. 2024

PREFEITURA MUNICIPAL DE ROSANA. Distrito de Primavera. 2023c. Disponível em: <https://www.rosana.sp.gov.br/turismo/a-cidade/> Acesso em: 26 fev. 2024

PREFEITURA MUNICIPAL DE ROSANA. História da cidade. 2023b. Disponível em: <https://www.rosana.sp.gov.br/historia/> Acesso em: 26 fev. 2024

QUEIROZ, Rosemar et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. *Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental*, p. 2774-2784, 2013. Acesso em: 18 fev. 2024

REGO, Erik. Brasil é o terceiro maior gerador de energia elétrica renovável no mundo. *EXAME*, 08 abr. 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/brasil-e-o-terceiro-maior-gerador-de-energia-eletrica-renovavel-no-mundo/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

RENOVÁVEIS, Energias. Energia hidroelétrica. Acesso em: 07 fev. 2024

ROMANINI, ANICOLI et al. *APLICAÇÃO DO MÉTODO DE LEOPOLD NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL*. Acesso em: 21 mar. 2024

SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. 3ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2020. Acesso em: 20 mar. 2024

SILVA SANTOS, Elton Márcio. A relação do Homem com o processamento de energia e seu consumo. *Inclusão Social*, v. 12, n. 1, 2018. Acesso em: 29 jan. 2024.

SOUZA BATISTA, Fani Tamires; DE OLIVEIRA CHAVES, Michele. Capítulo 4 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: TIPOS E COMBUSTÃO. MEIO AMBIENTE E SUAS TECNOLOGIAS, p. 146. Acesso em: 21 mar. 2024

STAHL, MICHAEL. The Hoover Dam. In: READWORKS. Disponível em: https://core-docs.s3.amazonaws.com/documents/asset/uploaded_file/673763/8th_grade_ELA-Hoover_Dam-Avery.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024

SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA. Disponível em: <https://www.stj.jus.br/websecstj/cgi/revista/REJ.cgi/ATC?seq=5621759&tipo=91&nre>. Acesso em: 20 mar. 2024

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. Constituição Federal Artigo 20. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/constituicao-supremo/artigo.asp?abrirBase=CF&abrirArtigo=20>. Acesso em: 20 mar. 2024

TECHNOLOGY, WATER. “Xiluodu Dam, Jinsha River, China - Water Technology.” Water Technology, 2013, www.water-technology.net/projects/xiluodu-dam-jinsha-yangtze-china/. Acesso em: 11 fev. 2024

TEIXEIRA, RAQUEL OLIVEIRA SANTOS; ZHOURI, ANDRÉA; MOTTA, LUANA DIAS. Os estudos de impacto ambiental e a economia de visibilidades do desenvolvimento. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 36, 2020. Acesso em: 30 jan. 2024

VENEZUELA TUYA. Guri: Central Hidroeléctrica Simón Bolívar. Disponível em: <https://www.venezuelatuya.com/guayana/guripor.htm>. Atualizado em: 2024. Acesso em: 18 fev. 2024

VERRI, JOSÉ, Enio. RELATÓRIO de SUSTENTABILIDADE ITAIPU BINACIONAL. 2022.

ZANATTA, ELIANE LIMPER. Gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. 2021. Acesso em: 04 fev. 2024

ZIOBER, BEATRIZ RAMALHO. As políticas de conservação do meio ambiente da usina hidrelétrica Itaipu Binacional no período de sua construção. In: ANPUH – SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, XXV, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 2009. Acesso em: 20 mar. 2024