



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

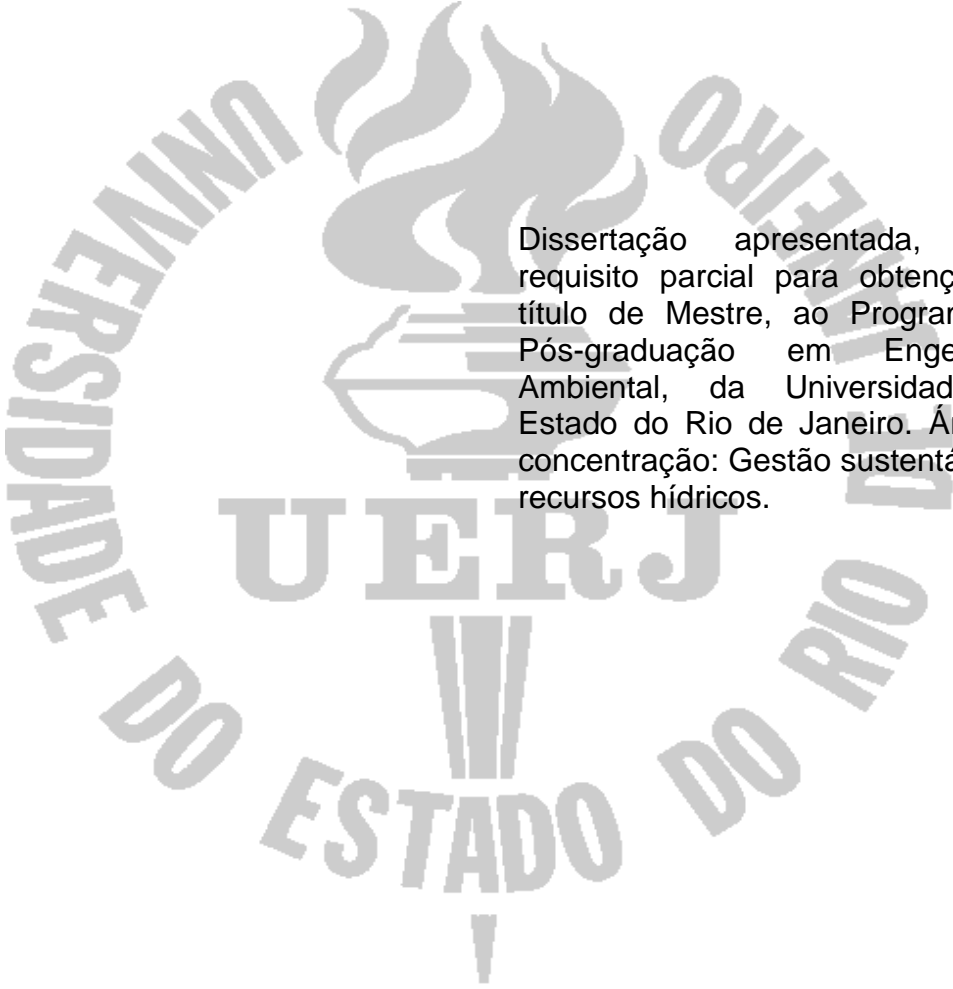
Bianca de Almeida Ramos

**Avaliação dos programas ambientais de monitoramento da
qualidade da água e reflorestamento da represa do Funil,
localizada na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul**

Resende
2023

Bianca de Almeida Ramos

**Avaliação dos programas ambientais de monitoramento da qualidade da
água e reflorestamento da represa do Funil, localizada na Bacia
Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão sustentável de recursos hídricos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carin Von Muhlen

Coorientador: Prof. Dr. Ramiro Alberto Flores Guzmán

Resende

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

R175 Ramos, Bianca de Almeida.
Avaliação dos programas ambientais de monitoramento da qualidade da água e reflorestamento da represa do Funil, localizada na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul / Bianca de Almeida Ramos. – 2023.
94 f.

Orientadora: Carin Von Muhlen.
Coorientador: Ramiro Alberto Flores Guzmán.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Direito ambiental - Teses. 3. Água - Qualidade - Teses. 4. Reflorestamento - Teses. 5. Paraíba do Sul, Rio, Bacia - Teses. I. Von Muhlen, Carin. II. Guzmán, Ramiro Alberto Flores. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 556

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Bianca de Almeida Ramos

**Avaliação dos Programas Ambientais de monitoramento da qualidade da
água e reflorestamento da represa do Funil, localizada na bacia
hidrográfica do Médio Paraíba do Sul**

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Gestão sustentável de recursos hídricos.

Aprovado em 23 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Carin Von Muhlen (Orientadora)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Ramiro Alberto Flores Guzmán (Coorientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof^a. Dr^a. Alena Netto
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof^a Dr^a. Ana Carolina Callegario Pereira
Centro Universitário de Volta Redonda

Resende

2023

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida e me sustentou todos os dias para alcançar os meus objetivos. Dedico também a minha família, minha orientadora e meu coorientador que foram peças-chaves e fundamentais para realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

À Carin Von Muhlen – minha orientadora e ao Ramiro Alberto Flores – meu coorientador, pelo aconselhamento assertivo e pelo estímulo permanente, pelo apoio e disponibilidade dedicação ao longo do programa

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro, seus docentes e funcionários, que contribuíram no meu percurso e formação acadêmica.

Agradeço ao meu pai, mãe e as minhas irmãs, por todo amor, carinho e atenção que me deram, além de força para persistir no meu sonho.

Agradeço aos meus amigos e colegas de trabalho que me incentivaram e me apoiaram nessa etapa.

Não é na ciência que está a felicidade, mas na aquisição da ciência

Edgar Allan Poe

RESUMO

RAMOS, Bianca de Almeida. *Avaliação dos programas ambientais de monitoramento da qualidade de água e reflorestamento da represa presente na bacia hidrográfica do médio Paraíba do Sul*. 2023. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, 2023.

No Brasil, a maior parte das usinas hidrelétricas foram construídas antes do estabelecimento da legislação de licenciamento ambiental, causando uma distorção de regularização desses empreendimentos. Nesse trabalho foi realizado um levantamento histórico do processo de licenciamento ambiental da Usina do Funil localizada na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, realizado após a instalação da usina. Também foi realizada uma avaliação dos programas ambientais implementados como condicionantes da licença de operação, especialmente os programas de monitoramento da qualidade de água e do reflorestamento. A qualidade da água nessa região também foi avaliada com base em dados do INEA e da CETESB. O estudo histórico com base na legislação permitiu avaliar os principais impactos causados por essa usina instalada antes da criação dos processos de licenciamento ambiental desse tipo de empreendimento no Brasil. Com base na análise crítica dos documentos, sugere-se a implantação de monitoramento sistemático de outros parâmetros de qualidade da água que não são atualmente monitorados e divulgados à população, tais como os parâmetros utilizados na avaliação de eutrofização do reservatório e cianobactérias. Por fim, tanto no Estado do Rio de Janeiro quanto no Estado de São Paulo, são necessárias melhorias na gestão da qualidade hídrica, avançando em questão de saneamento básico e atendimento dos parâmetros aceitáveis do corpo hídrico classe II segundo a resolução CONAMA 357/2011, pode ser observado que ele não apresenta qualidade hídrica aceitável e possui carga orgânica elevada. Somado a isso, o programa de reflorestamento da represa precisa ter efetividade para a melhoria da qualidade da água e redução da erosão do reservatório.

Palavras-chave: Paraíba do Sul. Represa. Qualidade hídrica.

ABSTRACT

RAMOS, Bianca de Almeida. *Assessment of the environmental programs of the quality of water and reforestation monitoring of the dam placed on the Paraíba do Sul middle river basin*. 2023. 94 f. Essay (Environmental Engineering Master's Degree) – Engineering University, Rio de Janeiro State University, Resende, 2023.

In Brazil, most hydroelectric power plants were built before the establishment of environmental licensing legislation, causing a distortion in the regularization of these projects. This study conducted a historical review of the environmental licensing process for the Funil Dam located in the Hydrographic Basin of the Middle Paraíba do Sul, carried out after the plant's installation. An evaluation of the environmental programs implemented as conditions for the operating license was also performed, with a focus on water quality monitoring and reforestation programs. Water quality in this region was assessed based on data from INEA and CETESB. The historical study, based on legislation, allowed an assessment of the main impacts caused by this plant, which was installed before the creation of environmental licensing processes for such projects in Brazil. Through a critical analysis of the documents, it is suggested to implement systematic monitoring of other water quality parameters that are not currently monitored and disclosed to the public, such as those used in the assessment of reservoir eutrophication and cyanobacteria. Finally, both in the State of Rio de Janeiro and in the State of São Paulo, improvements in water quality management are needed, advancing in terms of basic sanitation and compliance with acceptable parameters for Class II water bodies according to CONAMA Resolution 357/2011. It can be observed that the water quality is not acceptable, and there is a high organic load. In addition, the reforestation program for the reservoir needs to be effective in improving water quality and reducing reservoir erosion.

Keywords: Paraíba do Sul. Dam. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Vista da Represa do Funil..... | 21 |
| Figura 2 - Linha cronológica dos maiores incidentes com barragens no Brasil | 24 |
| Figura 3 - Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul..... | 36 |
| Figura 4 - Fluxograma sobre as etapas da metodologia | 38 |
| Figura 5 - Pontos de monitoramento do INEA..... | 41 |
| Figura 6 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul | 43 |
| Figura 7 – Área da represa do Funil demarcada de vermelho | 43 |
| Figura 8 - Jornal informativo do deslocamento da população do distrito..... | 44 |
| Figura 9 - Pontos de monitoramento | 52 |
| Figura 10 - Parâmetros mensais de Queluz no ano de 2021 monitorados pela CETESB..... | 68 |
| Figura 11 - Represa do Funil com a presença de ponto eutrofizado..... | 82 |
| Figura 12 - Rio Paraíba após a represa do funil..... | 83 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Média de condutividade dos anos de 2012 a 2020 no ponto de Queluz pela CETESB | 55 |
| Gráfico 2 - Média de condutividade dos anos de 2012 até 2022 para o ponto de Queluz pelo INEA..... | 55 |
| Gráfico 3 - média de turbidez dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB | 57 |
| Gráfico 4 - Média de turbidez dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA | 57 |
| Gráfico 5 - Média de nitrato dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB..... | 58 |
| Gráfico 6 - Média de nitrato dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 58 |
| Gráfico 7 - Média de nitrogênio amoniacal dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB..... | 59 |
| Gráfico 8 - Média de nitrogênio amoniacal dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 59 |
| Gráfico 9 - Média de pH dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 60 |
| Gráfico 10 - Média de oxigênio dissolvido dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB..... | 60 |
| Gráfico 11 - Média de Demanda Bioquímica de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB..... | 61 |
| Gráfico 12 - Média de Demanda Bioquímica de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 62 |
| Gráfico 13 - Média de Demanda Química de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 63 |
| Gráfico 14 - Média de fósforo dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB..... | 63 |
| Gráfico 15 - Média de fósforo dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 64 |
| Gráfico 16 - Média de nitrogênio total Kjeldahl dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 17 - Média de Coliformes termotolerantes dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB | 66 |
| Gráfico 18 - Média de Coliformes termotolerantes dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA | 66 |
| Gráfico 19 - Turbidez do ponto FN150 do INEA..... | 69 |
| Gráfico 20 - Pontos de monitoramento de funil para turbidez | 70 |
| Gráfico 21 - Campanha de monitoramento de Funil para fósforo..... | 71 |
| Gráfico 22 - Ponto FN150 do INEA para fósforo | 71 |
| Gráfico 23 - Pontos de monitoramento do Funil para nitrogênio total | 72 |
| Gráfico 24 - Ponto FN150 do INEA para nitrogênio total Kjeldahl..... | 73 |
| Gráfico 25 - Pontos de monitoramento do Funil para coliformes totais | 73 |
| Gráfico 26 - Pontos de monitoramento do Funil para coliformes termotolerantes | 74 |
| Gráfico 27 - Monitoramento do Funil para condutividade | 75 |
| Gráfico 28 - Monitoramento do INEA para o ponto FN150 - condutividade | 75 |
| Gráfico 29 - Porcentagem de propriedade cadastradas por cidade | 79 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----------|
| Quadro 1 - Dados técnicos da represa do Funil | 21 |
| Quadro 2 - Tipos de barragens | 23 |
| Quadro 3 - Registro das primeiras barragens brasileiras do Ministério do Interior em 1982 | 25 |
| Quadro 4 - Normativas, resoluções e legislações referentes aos recursos hídrico | 30 |
| Quadro 5 - Legislações pertinentes sobre barragens..... | 32 |
| Quadro 6 - Enquadramento dos reservatórios de água e materiais | 32 |
| Quadro 7 - Enquadramento dos reservatórios de água e materiais perante a questão de resíduos..... | 33 |
| Quadro 8 - Impactos negativos e positivos da construção de um reservatório | 34 |
| Quadro 9 - Composição da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul | 36 |
| Quadro 10 - Pontos de monitoramento do reservatório do Funil pelo INEA..... | 40 |
| Quadro 11 - Parâmetros monitorados pelos órgãos ambiental e Funil | 41 |
| Quadro 12 - Programas ambientais da Licença de Operação (LO) da Usina do Funil | 46 |
| Quadro 13 - Objetivos e resultados dos programas ambientais..... | 47 |
| Quadro 14 - Impactos ambientais ocorridos sobre a natureza e sobre a sociedade na instalação da represa do Funil | 49 |
| Quadro 15 - Causa e efeito na ictiofauna ocasionado pela represa do Funil ... | 49 |
| Quadro 16 - Pontos de amostragem do programa ambiental da represa do Funil | 51 |
| Quadro 17 - Parâmetros de qualidade da água para corpos hídricos de água doce de classe 2 segundo a CONAMA 357/2005 | 53 |
| Quadro 18 - Quantitativo de cadastros das propriedades pela empresa do Funil | 78 |
| <u>Quadro 19 - Resultados de precipitação nos anos de 2016 a 2020, na cidade de Resende</u> | <u>89</u> |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1. OBJETIVOS | 16 |
| 1.1.1. Objetivo geral..... | 16 |
| 1.1.2. Objetivos específicos..... | 16 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1. Histórico de hidrelétricas no Brasil | 18 |
| 2.1.1. Histórico da represa de Funil | 19 |
| 2.2. Barragens | 22 |
| 2.2.1. Histórico das barragens | 23 |
| 2.3. Legislação pertinente aos recursos hídricos e barragens | 26 |
| 2.3.1. Legislação Federal – Gestão das águas..... | 26 |
| 2.3.2. Legislação pertinente as barragens | 31 |
| 2.4. A importância das hidrelétricas e dos reservatórios para o meio socioeconômico e ambiental..... | 33 |
| 2.4.1. Impactos socioambientais da construção e operação de reservatório | |
| 33 | |
| 2.5. Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul | 35 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 37 |
| 3.1. Visita técnica..... | 38 |
| 3.3. Análise de condicionantes da licença e de seus programas | 38 |
| 3.4. Estudo de parâmetros de monitoramento da qualidade da água com dados da AGEVAP, do INEA e da CETESB..... | 39 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 4.1. Diagnóstico da represa do Funil..... | 42 |
| 4.1.1. Caracterização da área..... | 42 |
| 4.1.2. Licenciamento e condicionantes ambientais..... | 44 |
| 4.1.2.1. Programas ambientais..... | 46 |
| 4.1.3. Impactos ambientais | 48 |
| 4.2. Diagnósticos dos Programas Ambientais voltados para os recursos hídricos | 50 |
| 50 | |
| 4.2.1. Programa de monitoramento limnológico e de qualidade da água .. | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.1.1. Análises comparativas entre CETESB e INEA no ponto de Queluz | 54 |
| 4.2.1.2. Análise comparativa entre Funil e INEA | 68 |
| 4.2.2. Programa de reflorestamento e revegetação da área de preservação permanente do reservatório | 77 |
| 4.2.2.1. Subprograma de fomento ao reflorestamento e revegetação de áreas de preservação permanente do reservatório | 78 |
| 4.2.3. Programa de recuperação de áreas degradadas | 80 |
| 4.2.3.1. Subprograma de recuperação de erosões e áreas degradadas | 80 |
| 4.2.3.2. Monitoramento de erosões e áreas degradadas | 81 |
| 4.3. Visita técnica | 81 |
| 4.4. Plano de melhoria | 83 |
| 5. CONCLUSÃO | 85 |
| REFERÊNCIAS..... | 87 |

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico ocorre com o avanço do crescimento populacional, a expansão da indústria e da agricultura, além da ocupação do solo para fins urbanos que contribuem para os problemas de degradação da qualidade e escassez do recurso hídrico.

A água sempre movimentou a economia mundial direta ou indiretamente, uma vez que faz parte da cadeia produtiva, recreativa e atividades diárias da humanidade e é responsável por manter o equilíbrio dos ecossistemas. O consumo de água é ligado ao crescimento econômico, onde a demanda cada vez maior pelos recursos hídricos, levando a problemas de degradação desses recursos. Desta forma, faz-se necessário a gestão sustentável do recurso hídrico com o objetivo de prover a garantia do recurso para as atuais e futuras gerações (MESQUITA, 2017).

A gestão hídrica no Brasil ocorre de forma integrada com as interações das águas no meio físico, biótico, social, econômico e cultural que são asseguradas pelas divisões das bacias hidrográficas em diversas escalas. O processo de gestão precisa apresentar tomadas de decisões assertivas a todos os aspectos envolvidos considerando a qualidade e quantidade do recurso, além das características do curso d'água de cada bacia hidrográfica (CARVALHO, 2020).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9433/1997 estabelece que a gestão hídrica no Brasil é realizada a partir de três pontos principais (): descentralização da gestão, participação e integração (BRASIL, 1997). E embora sua promulgação já tenha ocorrido a quase 2 décadas, ainda existem falhas e atrasos na sua concretização.

O processo de descentralização proporciona o papel da gestão aos comitês de bacias hidrográficas que se tornam responsáveis pelo plano de recursos hídricos, conflitos ligados a bacia hidrográfica, debates e entre outros (TRINDADE e SCHEIBE, 2019).

A gestão hídrica no Brasil ocorre de forma integrada com as interações das águas no meio físico, biótico, social, econômico e cultural que são asseguradas pelas divisões das bacias hidrográficas em diversas escalas. O

processo de gestão precisa apresentar tomadas de decisões assertivas a todos os aspectos envolvidos considerando a qualidade e quantidade do recurso, além das características do curso d'água de cada bacia hidrográfica (CARVALHO, 2020).

Os recortes geográficos das bacias hidrográficas possibilitaram várias iniciativas de gestão hídrica assegurando tomadas de decisões mais seguras de acordo com as características sociais, hídricas, econômicas e físicas de cada região (PORTO e PORTO, 2008). Esse planejamento proporcionou um novo modelo de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil deixando de ser uma questão exclusiva do Governo Federal, para uma descentralização de poderes políticos-administrativos até o nível local.

A gestão das águas tornou-se uma questão mais abrangente com a implantação da governança que é uma estrutura de relações entre o governo e a sociedade. Com esse novo modelo foi possível concentrar ações mais estratégicas entre maior número de atores comprometidos com o problema, a diferença do passado onde todas as questões relativas à gestão hídrica eram desenvolvidas apenas por poucos órgãos do governo (COSTA e MERTENS, 2015).

Embora o Brasil tenha aprimorado a gestão das águas com a criação dos comitês de bacia hidrográfica, ainda é uma realidade a crise ambiental envolvendo os recursos hídricos. Visto que, ocorrem falhas nas implantações das leis e projetos do governo e na fiscalização pelos órgãos ambientais as empresas privadas e públicas que influenciam na qualidade do recurso hídrico das bacias hidrográficas. A falta de saneamento básico, a degradação da qualidade da água e a poluição continuam avançando prejudicando a disponibilidade de água potável para a população brasileira (MORAIS et al, 2018).

Em vista dos aspectos levantados, as falhas no gerenciamento são um ponto crítico que o governo precisa propor melhorias no planejamento. O desenvolvimento econômico é um dos fatores que contribuem com a maior carga poluente, tornando-se necessário uma gestão hídrica mais eficiente que procure preservar a qualidade da água para todos os serviços ecossistêmicos. Essa é uma questão de urgência no país, pois a alarmante poluição dos corpos hídricos

pode ocasionar impactos severos para as próximas gerações (MESQUITA, 2017).

A poluição hídrica pode ser monitorada de algumas formas, sendo uma delas pela quantidade de carga orgânica sendo lançada no corpo hídrico. Uma forma de monitorar essa carga de poluentes é pelo represamento do rio principal, onde através de análises, podemos observar o comportamento dessa poluição.

Em virtude dos fatos mencionados, a gestão dos reservatórios de água para geração de energia, com relação a qualidade das águas, segue os critérios e as classificações do corpo hídrico principal da bacia hidrográfica, nesse caso, do Rio Paraíba do Sul. O estudo busca compreender o gerenciamento do reservatório procurando os pontos críticos da gestão ambiental, como a carga orgânica de lançamento a montante, o processo de auto depuração e as ações tomadas com relação aos parâmetros acima do permitido pela legislação, além disso, o que também pode influenciar na qualidade hídrica do Rio Paraíba do Sul. Através da avaliação da qualidade das águas dos reservatórios é possível determinar quais são as áreas críticas e prioritárias para aplicação da gestão. Desta forma, o estudo terá como base diagnosticar a qualidade hídrica através da avaliação da gestão ambiental da empresa de Furnas com relação a represa do Funil localizada em Resende onde o trabalho proposto tem como objetivo avaliar os programas ambientais, visando manter a qualidade das águas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

O principal objetivo desta proposta é fazer uma avaliação dos programas ambientais voltados para gestão da qualidade das águas da represa do Funil localizada na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

1.1.2. Objetivos específicos

Os principais objetivos específicos são:

- Realizar um breve levantamento histórico da instalação da represa do Funil na região do Médio Paraíba do Sul, para avaliar os impactos dessa infraestrutura nesse curso hídrico;
- Elaborar um estudo crítico da legislação vigente aplicada às represas no mundo, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro;
- Avaliar o andamento dos programas ambientais da represa do Funil estabelecidos na licença ambiental;
- Diagnosticar os pontos positivos e negativos da gestão da represa de Funil no contexto geral da gestão de recursos hídricos na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Histórico de hidrelétricas no Brasil

Todos os países possuem suas matrizes elétricas e energéticas bem definidas. A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia utilizadas pelos países, enquanto a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes utilizadas apenas para a geração de energia elétrica (Empresa de Pesquisa Energética, 2021). A energia elétrica é ligada diretamente ao desenvolvimento econômico do país e tem diversas fontes, como as termoelétricas, usinas eólicas, solares, usinas termonucleares e usinas hidrelétricas (SOUZA et al, 2015).

As fontes de eletricidade começaram a ganhar força para o desenvolvimento de tecnologias na metade do século XIX e são utilizadas na indústria, transporte, nos serviços telefônicos, na iluminação de vias públicas e casas em todo o mundo (VAZ, 2012).

Desta forma, o processo de extrair eletricidade do movimento das águas começou a ser implantado no país, onde o processo é um método antigo que foi originado por gregos e romanos no século II, que utilizavam as rodas d'água para girar maquinários, sendo o mesmo princípio de turbinas, esse método é utilizado nas atuais hidrelétricas (SOUZA et al, 2015).

As usinas hidrelétricas surgiram no final do século XIX onde eram usinas de pequeno porte se comparadas as usinas hoje existentes no mundo. A necessidade da geração de eletricidade é cada vez mais crescente pelo mundo, sendo que no início do século XX surgiu um aumento de barragens que seriam utilizadas para produção de energia. Porém o desenvolvimento econômico ganhou um cenário mais emergencial após a Segunda Guerra Mundial, onde notou-se o pico exponencial de barragens e usinas sendo construídas no mundo a partir dos anos 1950 (SOUZA et al, 2015). O Brasil seguiu o contexto global, onde começou a sua expansão no final dos anos 1950 com influência do regime militar brasileiro. Desta forma, o crescimento hidrelétrico no Brasil não teve apenas influências externas, mas dependeu diretamente dos acontecimentos políticos internos que exerciam papel fundamental no Estado. A geração de

eletricidade provida dos rios já acontecia no Brasil desde as primeiras hidrelétricas construídas no final do século XIX e início do século XX (SOUZA et al, 2015).

A primeira barragem construída no Brasil, foi a barragem do Ribeirão do Inferno no rio Jequitinhonha em Minas Gerais, edificada em 1883 (OLIVEIRA, 2018) e cidade de Juiz de Fora foi responsável pela construção da primeira grande Usina Hidrelétrica da América do Sul, a Usina Hidrelétrica de Marmelo, inaugurada em 1889 e que hoje é um bem tombado com sede transformada em área para visitação (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2021).

O Brasil, ao entrar no ramo de geração de energia elétrica, teve todo o seu desenvolvimento próximo ao cenário global, sendo que a primeira barragem mundial foi construída apenas um ano antes da barragem brasileira. Antes da Segunda Guerra Mundial, o Brasil já estava na lista dos países com sistemas de transmissão de 70.000 volts ou mais e com serviços de iluminação pública em várias cidades (HUNGHERS, 1983 *apud* OLIVEIRA, 2018). Mas foi na década de 1950-70 que se produz a grande aceleração na construção de barragens para o aproveitamento hidrelétrico no país (OLIVEIRA, 2018).

Atualmente, o Brasil é destaque no setor energético por fontes alternativas, pois de acordo com o Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, o Brasil possui 48% da sua matriz energética provida de fontes alternativas enquanto o cenário global apresenta apenas 14% (BRASIL, 2021).

Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (2020), a maior geração de eletricidade no Brasil é proveniente de fontes alternativas, principalmente hidráulica. No ano de 2020, as usinas hidrelétricas foram responsáveis por 65,2% da geração de eletricidade no país (EPE, 2020).

2.1.1. Histórico da represa de Funil

A Usina de Funil, que atualmente pertence ao grupo Eletrobras Furnas construída no Rio Paraíba do Sul, local conhecido como “Salto do Funil”, em Resende, no Estado do Rio de Janeiro, e foi projetada na década de 1920, porém sua construção iniciou somente em 1961 pela Companhia Hidrelétrica do Vale

do Paraíba. Desta forma, a usina inicialmente não era um empreendimento estatal (FURNAS, 2021).

A represa da hidrelétrica de Funil apresenta altura de 85 metros. Desta forma, UHE Funil se enquadra como reservatório dentro da Política Nacional de Segurança de Barragem e a Política Estadual de Segurança de Barragem do Estado do Rio de Janeiro.

A hidrelétrica do Funil teve como finalidade permitir o desenvolvimento econômico da região do Médio Paraíba do Sul, que requeria de energia para seu crescimento industrial, especialmente depois da criação da CSN em 1946. Em 1965, a usina foi adquirida pelo grupo Eletrobrás, que em 1967 transferiu a propriedade a sua subsidiária Eletrobrás-Furnas para concluir a construção e operar a infraestrutura. Dois anos depois, em 1969, a usina finalmente foi terminada e suas turbinas começaram a gerar seu potencial elétrico de 216 MW plenamente (FURNAS, 2021).

A hidrelétrica de Funil apresenta é de grande importância para a Região do Médio Paraíba do Sul, pois é instalada na proximidade de grandes centros industriais e consumidores e por ser responsável por regular a vazão e pelo controle de cheias nas cidades a jusante (INEA, 2020 apud FURNAS, 2021). Sua estrutura é diferenciada com relação às outras usinas de Furnas, pois possui uma barragem do modelo abóbada de concreto com dupla curvatura, a única desse modelo no Brasil e com altura máxima de 85 m (FURNAS, 2021).

Na Figura 1 é apresentada uma vista da UHE Funil e no Quadro 1 é apresentada a Ficha Técnica do empreendimento, obtido no site da Eletrobras Funil, em outubro de 2021.

Figura 1 - Vista da Represa do Funil



Fonte: Eletrobras Furnas, 2021

Quadro 1 - Dados técnicos da represa do Funil

| DADOS TÉCNICOS | |
|--------------------------------|---|
| BARRAGEM | |
| Tipo: | Abóbada de dupla curvatura |
| Altura máxima: | 85 m |
| Desenvolvimento no coroamento: | 385 m |
| Largura: | 3,6 m |
| Elevação no coroamento: | 468 m |
| Volume total: | 270 mil m ³ |
| RESERVATÓRIO | |
| Nível normal de operação: | 466,5 m |
| Nível de máxima cheia: | 466,5 m |
| Nível de desapropriação: | 470 / 468 m |
| Nível mínimo de operação: | 444 m |
| Área inundada: | 40 km ² |
| Volume total: | 8,9 bilhões m ³ |
| Volume útil: | 6,2 bilhões m ³ |
| TOMADA D'ÁGUA | |
| Comportas: | Lagarta |
| Quantidade: | 3 |
| Altura d'água sobre a soleira: | 77,83 m |
| Largura: | 4,5 m |
| Altura: | 6,2 m |
| VERTEDOIRO | |
| Descarga máxima: | 1.700 m ³ /s (margem direita) e 2.700 m ³ (margem esquerda) |
| Comportas: | Segmento |

| | |
|-------------------------------|--|
| Quantidade: | 1 (margem direita) e 2 (margem esquerda) |
| Largura: | 11,47 m (margem direita) e 13 m (margem esquerda) |
| Altura: | 16,53 m (margem direita) e 14,16 m (margem esquerda) |
| Raio: | 16,1 m (margem direita) e 13 m (margem esquerda) |
| CASA DE FORÇAS | |
| Tipo: | Coberta de planta curva |
| Dimensão: | 90,47 m x 21 m |
| Unidades geradoras: | 3 |
| Rotação: | 163,3 RPM |
| Potência nominal: | 72 MW |
| TURBINAS | |
| Tipo: | Francis de eixo vertical |
| GERADORES | |
| Frequência: | 60 Hz |
| Tensão nos terminais: | 13,8 Kv |
| Transformadores: | 10 operação mais reserva |
| Tipo: | Monofásico |
| Capacidade total em operação: | 270 MVA |

Fonte: FURNAS, 2021 adaptado AUTORA, 2023

2.2. Barragens

A Lei 14.066/2020, define barragem como “qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas” (BRASIL, 2020)

As barragens são classificadas de acordo com a finalidade de armazenamento, projeto hidráulico, pelo material e/ou pela retenção (Bureau of Reclamation, 1987). Tipos de barragens:

- Barragem de concreto;
- Barragem de enrocamento;
- Barragem de terra;
- Barragem de concreto de gravidade;
- Barragem de arco;

- Barragem de concreto em contrafortes;
- Barragem de terra homogênea;
- Barragem zonada.

Além disso, existem classificações por finalidade. O quadro 2 apresenta os tipos de barragens conforme sua finalidade.

Quadro 2 - Tipos de barragens

| TIPOS DE BARRAGEM | FINALIDADE |
|----------------------------------|--|
| Barragem de armazenamento | Esse tipo de barragem serve para captar água durante períodos de cheia, objetivando seu uso no período de estiagem ou seca. Também possuem finalidade para geração de energia, abastecimento e recreação (FRANCO, CARLOS; 2008). |
| Barragem de desvio | Esse tipo de barragem tem como finalidade abastecer sistemas públicos de água e sistema de irrigação (FRANCO, CARLOS; 2008). |
| Barragem de retenção | Esse tipo de barragem tem como finalidade regularizar a vazão da água possibilitando o controle de enchentes. Além disso, também são usadas para reter sedimentos (FRANCO, CARLOS; 2008). |

Fonte: A autora, 2023

Embora as barragens sejam construídas para uma finalidade, normalmente são utilizadas com vários objetivos sendo denominadas “barragens de usos múltiplos”.

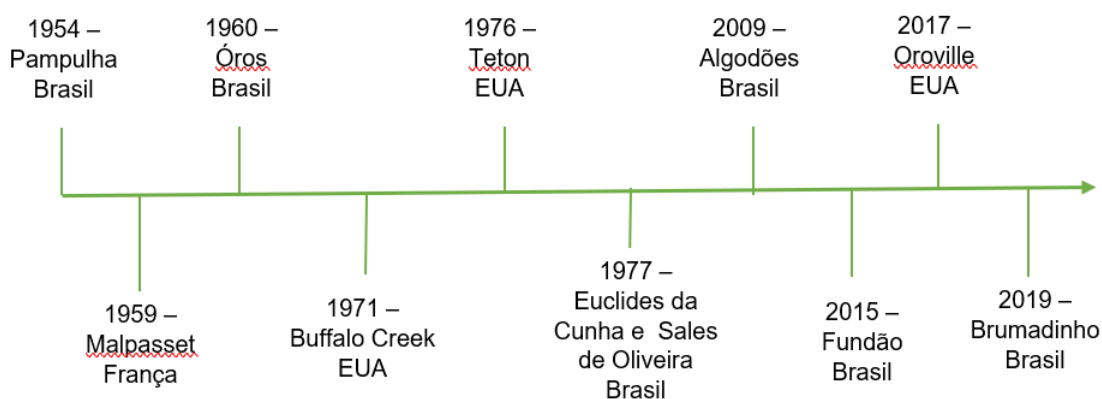
As barragens apresentam várias funções, entre elas são: energia elétrica, regularizar a vazão, controlar os eventos críticos, fornecer água, combater a seca e reter rejeitos (FRANCO, 2008).

2.2.1. Histórico das barragens

O Brasil entre os anos 1877 e 1880 apresentou uma crise de seca no Nordeste, onde deu-se o início das construções emergenciais dos primeiros açudes para amenizar a crise. Na mesma época, porém na região Sudeste do País, começou o desenvolvimento de hidrelétricas (FRANCO, CARLOS; 2008). Porém o marco histórico para construção das barragens relacionadas principalmente ao desenvolvimento do setor elétrico brasileiro se deu entre os anos 1950 e 1970 (CRUZ, 1996 apud FRANCO, 2008).

O desenvolvimento hidrelétrico no Brasil e no mundo foram um alerta com relação a segurança das barragens, pois inúmeros acidentes passaram a ocorrer a partir da década de 1950 (INEA, 2020). No histórico de acidentes envolvendo barragens, o Brasil teve sete acidentes das mais graves do mundo, onde os mais recentes foram na cidade de Mariana (MG), em novembro de 2015 com o rompimento de uma barragem de rejeitos provenientes da atividade de mineração; e o incidente na cidade de Brumadinho (MG), em janeiro de 2019, quando a barragem de rejeitos de mineração rompeu deixando rastro de destruição por toda cidade (INEA, 2020). Na figura 2, observar se a linha cronológica dos incidentes mais graves que ocorreram nas barragens brasileiras e no mundo:

Figura 2 - Linha cronológica dos maiores incidentes com barragens no Brasil



Fonte: INEA, 2020 adaptado AUTORA, 2023

O quadro 3 cita os registros no Ministério do Interior em 1982 que foram encontrados das primeiras barragens no Brasil.

Quadro 3 - Registro das primeiras barragens brasileiras do Ministério do Interior em 1982

| BARRAGEM | ANO DE CONCLUSÃO | LOCALIZAÇÃO | TIPO | FINALIDADE |
|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Ribeirão do Inferno | 1883 | MG | Terra | Hidrelétrica |
| Salão | 1918 | CE | Terra | Combate às secas |
| Rio do Peixe | 1922 | BA | Terra | Abastecimento de água |
| Rio das Pedras | 1927 | MG | Arcos múltiplos | Hidrelétrica |
| Rio Grande | 1928 | SP | Terra | Hidrelétrica |
| Rio Novo | 1932 | SP | Concreto gravidade | Hidrelétrica |
| Rio do Cobre | 1933 | BA | Concreto gravidade | Abastecimento de água |
| Saco I | 1936 | PE | Alvenaria de pedra | Abastecimento de água |
| Bugres/Salto | 1951 | RS | Concreto gravidade | Hidrelétrica |
| Salto | 1952 | RS | Concreto gravidade | Hidrelétrica |
| Salto Grande | 1957 | MG | Concreto gravidade | Hidrelétrica |
| Rio Bonito | 1958 | ES | Concreto gravidade | Hidrelétrica |
| Sabugi | 1965 | RN | Terra | Irrigação |
| Saco II | 1970 | PE | Terra | Irrigação |
| Rio da Casca I | 1971 | MT | Enrocamento | Hidrelétrica |
| Rio Capivara | 1976 | MG | Terra | Combate às secas |
| Rio Verde | 1976 | PR | Terra | Abastecimento de água |

Fonte: MINISTERIO DO INTERIOR, 1982 adaptado AUTORA, 2022

No quadro dos registros das primeiras barragens, observa-se que não foram registradas no Ministério Interior, as construções das represas de Funil (Empresa de Furnas) construída em 1961 e de Lajes (Empresa da Light) construída em 1903. Ambas, com finalidade de represamento das águas para geração de eletricidade.

2.3. Legislação pertinente aos recursos hídricos e barragens

Esta seção aborda as legislações federais na gestão das águas e pertinentes as barragens em âmbito federal e estadual do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

2.3.1. Legislação Federal – Gestão das águas

O Código das Águas foi a primeira grande base legal criada no Brasil para gerir os recursos hídricos. O decreto 24.643, de 10 de julho de 1934, foi pensado com a finalidade de incentivar, desde o Estado, o aproveitamento das águas para a geração de energia elétrica necessária para a urbanização e industrialização do país (BRASIL, 1934a).

Na metade do século XX, Brasil vivia uma profunda mudança no cenário econômico e social, com grandes contingentes populacionais migrando do campo para as cidades. Nesse contexto, viu-se a necessidade de viabilizar a geração de energia elétrica para movimentar os centros urbanos e as indústrias.

No capítulo I, II e III dessa legislação, fica estabelecido quais são as águas de domínio público, comuns e particulares, além de suas finalidades. O capítulo III do decreto cita as considerações ao setor hidráulico – regulamentação da indústria hidrelétrica

“O aproveitamento industrial das quedas de águas e outras fontes de energia hidráulica, quer do domínio público, quer do domínio particular, far-se-há pelo regime de autorizações e concessões instituídos neste código”. (BRASIL, 1934)

No art. 143 fica estabelecido quais as medidas cautelosas são de interesse do aproveitamento hidrelétrico, as exigências são: verificar a alimentação e as necessidades das populações ribeirinhas, da salubridade pública; da navegação; da irrigação; da proteção contra as inundações; da conservação e livre circulação do peixe e do escoamento e rejeição das águas.

Além do Código das Águas, foi sancionado o Decreto nº 23.777 de 23 de janeiro de 1934, que regulariza o lançamento do resíduo industrial das usinas açucareiras nas águas fluviais (BRASIL, 1934).

Após o Código das Águas, a constituição Federal de 1988 define os bens da União, conforme o artigo 20 que dita que

“Os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a territórios estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”. (Brasil,1988)

Além disso, a constituição Federal de 1988, estabelece que o mar territorial e ilhas fluviais e lacustres nas costas limítrofes com outros países, praias marítimas, ilhas oceânicas e costeiras são bens da União (Brasil,1988).

Assim como no decreto 24.643/1934, a constituição estabelece que “serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidro energéticos” precisam ser autorizados, concedidos ou permitidos pela União.

No art. 26 incluem-se entre os bens de gestão dos Estado são

“I – As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em deposito, ressalvadas, nesse caso, na forma de lei, as decorrentes de obras da União; II- as áreas, nas ilhas oceânicas e costeiras, que estiverem no seu domínio, excluídas aquelas sob domínio da União, Município ou terceiros, III - as ilhas fluviais e lacustres não pertencentes à União”. (Brasil,1988)

A Constituição Federal de 1988, no artigo nº 21 estabelece o dispositivo de “instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direito de seu uso”, sendo assim, foi sancionada a Lei das Águas nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida como Política Nacional dos

Recursos Hídricos como forma de cumprir e dar providências a esse dispositivo (BRASIL, 1997 apud JUNIOR, 2006).

A Lei das Águas criou a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Com a criação da Lei, a gestão das águas através da PNRH (BRASIL, 1997) ganha os instrumentos como:

- Planos de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água,
- Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos,
- Compensação a municípios;
- Sistema de Informações sobre recursos hídricos.

Sobre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), a Lei estabelece os seguintes objetivos no artigo 32 (BRASIL, 1997).

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- Implementar a Política relacionados com os recursos hídricos;
- Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- Promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

No artigo 33, é instituído que para o SNGRH atender os objetivos acima era preciso a criação de: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Agência Nacional de Águas (ANA); Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal (CRH); Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), Órgãos dos poderes público federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos e Agências de água.

Para atender o SNGRH, foi sancionada a Lei nº 9.984 de 17 julho de 2000 que cria a Agência Nacional de Águas – ANA. No artigo 3 fica estabelecida que

a ANA é uma “autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a PNRH, integrando o SNGRH.

A gestão de recursos hídricos estabelece que o processo de planejamento previsto na criação de plano de recursos hídricos em escala nacional, estadual e de bacias hidrográficas que visa a eficiência no gerenciamento do recurso natural (JUNIOR 2006).

A PNRH estabelece o instrumento de Enquadramento do Corpo Hídrico que para atender essa exigência foi criada a Resolução CONAMA nº 357/05. Essa resolução estabelece as classes e as finalidades de cada corpo hídrico (BRASIL, 2005).

O sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil possuem apenas duas legislações pertinentes ao assunto, sendo elas, a política estaduais de recursos hídricos e os sistemas estaduais estabelecem a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, bem como sobre o lançamento de efluentes, estabelecendo assim a gestão das outorgas (JUNIOR, 2006).

A Lei 8.171/91 que dispõe sobre a política agrícola estabelece que as empresas que exploram as águas represadas e as concessionárias de energia elétrica devem ser responsabilizar pelas alterações no meio ambiente. Sendo essa a lei que busca preservar as áreas de preservação permanente, as reserva legais e ambientais relacionadas as represas no país.

Outra base legal que prevê a obrigatoriedade da limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais para preservar a vegetação e a proteção da ictiofauna é a lei 3.824/60 (BRASIL, 1960). Outro ponto importante sobre as represas, é que elas são consideradas áreas de preservação permanente estabelecendo faixas marginais de cursos d'água natural perene e intermitente na lei 12.615/2012 (BRASIL, 2012).

Além disso, algumas legislações foram surgindo direcionadas para as hidrelétricas, sendo que em 1933 foi criado a Diretoria de Águas, que um tempo depois se tornou o Serviço de Águas. Com o decreto nº 1285, de 18 de maio de 1939 (BRASIL, 1939), foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, que fornece orientação e controle quanto o uso dos recursos hídricos (ANEEL, 2023).

Outros decretos foram sendo criados criação envolvendo a parte hidráulica até o ano de 1997, quando foi criado o Decreto nº 2335, de 6 de outubro de 1997, que aprovou a criação estrutural da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Desta forma, a ANEEL, passou a exercer as competências previstas no Código de Águas.

A legislação Federal Brasileira para recursos hídricos foi desenvolvida ao longo dos anos e no quadro 4 pode ser conferido outra a base legal.

Quadro 4 - Normativas, resoluções e legislações referentes aos recursos hídrico

| LEGISLAÇÃO | OBJETIVO |
|---|---|
| Decreto nº 23.777, de 23.1.34. | Regulariza o lançamento de resíduo industrial das usinas açucareiras nas águas pluviais. |
| Decreto n.º 24.643, de 10.07.34 | Decreta o Código das Águas |
| Decreto-lei n.º 3.094, de 05.03.41 | Dispõe sobre as fontes de águas mineiras, termais e gasosa |
| Decreto-lei n.º 3.763, de 25.10.41 | Consolida disposições sobre águas e energia elétrica, e dá outras providências |
| Lei nº 3.824, de 23.11.60. | Torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas, dos açudes, represas ou lagos |
| Decreto nº 50.877, de 29.06.61. | Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do País e dá outras providências |
| Lei Federal nº 4.771, de 15.09.65. | Institui o novo Código Florestal – Já alterada pela Leis Federais nº 7.803/89 e 9.605/98 |
| Decreto n.º 94.076, de 05.03.87 | Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e dá outras providências |
| Constituição Federal, de 05.10.88. | Art. Nº 26 inciso I e art. Nº 43 |
| Lei Federal nº 7.803, de 18.06.89. | Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. |
| Decreto n.º 1.530, de 22.06.95 | Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. |
| Lei nº 9.433, de 08.01.97 | Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei das Águas). |
| Lei nº 9.605, de 12.02.98 | Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. |
| Decreto nº 2.612, de 03.06.98. | Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. (REVOGADO pelo decreto 4.613/03) |
| Decreto n.º 2.869, de 09.12.98 | Regulamenta a cessão de águas públicas para exploração da aquicultura, e dá outras providências |
| Lei nº 9.984, de 17.7.2000. | Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA. |
| Decreto 4.613, de 11.03.2003. | Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. |
| Lei nº 10 881, de 09.06.04 | Crítérios para implantação das agências de bacia |

| | |
|---|---|
| Resolução Conama n° 357, de 17.03.2005 | Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências |
| Lei n° 11.445, de 05.01.2007 | Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (REVOGADO pela Lei n° 14.026 de 15.07.2020) |
| Resolução Conama n° 430, de 13.05.2011 | Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17.05.2005. |
| Lei n° 14.026, de 15.07.2020 | Atualiza o marco legal do saneamento básico. |
| BASE LEGAL QUE CITA SOBRE REPRESAS E PRESERVAÇÃO | |
| Lei 8.171, de 17.01.1991 | Dispõe sobre a política agrícola. |
| Lei 3.824, de 23.11.1960 | Torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais. Serão reservadas áreas com a vegetação que, a critério dos técnicos, for considerada necessária à proteção da ictiofauna e das reservas indispensáveis à garantia da piscicultura (Art 2º). |
| Lei 12.651, de 24.05.2012 | Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. |

Fonte: A autora, 2023

2.3.2. Legislação pertinente as barragens

O surgimento de uma legislação para segurança de barragens por causa do rompimento da barragem de Cataguazes no Estado de Minas Gerais, teve início em 2003. A barragem tinha armazenada rejeitos da indústria de papel e celulose Cataguases. Desta forma, para regulamentar a segurança das barragens, foi promulgado a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) na Lei Federal n° 12.334/2010 (BRASIL, 2010; apud INEA, 2020).

Os acidentes envolvendo os rompimentos de barragens com rejeitos continuaram acontecendo no Brasil, onde alteraram a qualidade da água causando impactos incalculáveis para os múltiplos usos dos rios que foram contaminados. Por isso, a segurança das barragens vem sendo assunto frequente dentro das Câmara dos Deputados e no Senado Federal para que novas leis fossem criadas e a PNSB sofresse modificações de forma a melhorar a atual lei (INEA, 2020).

O quadro 5 cita todas as legislações pertinentes as barragens no âmbito Federativo e nos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Quadro 5 - Legislações pertinentes sobre barragens

| LEGISLAÇÃO | DESCRIÇÃO |
|--|---|
| PL nº 1181/2003 | Projeto de Lei que propõe a Política Nacional de Segurança de Barragens |
| Lei Federal nº 12.334, de 20.09.2012 | Lei que cria a Política Nacional da Segurança de Barragens |
| PL nº 550/2019 | Projeto de Lei que resultou na Lei Federal nº 14.066/2020 |
| Lei Federal nº 14.066, 30.09.2020 | Altera a Lei Federal nº 12.334/2012 |
| Lei Federal nº 7.797, de 10.07.1989 | Cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente |
| Lei Estadual nº 7.192, 06.01.2016 (RJ) | Primeiro Estado Brasileiro a criar a sua Política Estadual de Segurança de Barragens |
| Resolução INEA nº 165 (RJ) | Cria diretrizes para elaboração do Plano de Segurança da Barragens, regulamenta a Política Nacional de Segurança das Barragens (PNSB) e Política Estadual de Segurança das Barragens (PESB) |
| Lei Estadual nº 23.291, de 25.02.2019 (MG) | Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens no Estado de Minas Gerais |

Fonte: A autora, 2023

A Lei do Estado do Rio de Janeiro nº 7.192/2016 aplica-se a barragens e açudes destinados à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das características na lei.

Os quadros 6 e 7 apresentam as características que enquadram os reservatórios, barragens e açudes dentro da PNSB. Vale ressaltar que é necessário ter apenas uma dessas características presentes nos quadros.

Quadro 6 - Enquadramento dos reservatórios de água e materiais

| CRITÉRIO | LEI FEDERAL Nº 14.066/2020 | LEI ESTADUAL Nº 7.192/2016 (RJ) |
|-----------------------------------|--|--|
| Altura do maciço | Medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista do coroamento do barramento Maior ou igual a quinze metros | Contada do ponto mais baixo da fundação à crista Maior ou igual a dez metros com concreto ou cimento Maior ou igual a cinco metros, solo |
| Capacidade do reservatório | Maior ou igual a 3.000.000 m ³ | Maior ou igual a 2.000.000 m ³ , concreto ou cimento Maior ou igual a 1.000.000 m ³ , solo |

Fonte: A autora, 2023 Adaptado

Quadro 7 - Enquadramento dos reservatórios de água e materiais perante a questão de resíduos

| CRITÉRIO | LEI FEDERAL Nº 14.066/2020 LEI ESTADUAL Nº 7.192/2016 (RJ) |
|---------------------------|--|
| Resíduos perigosos | Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis Dano Potencial Associado (DPA) médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perdas de vidas humanas Categoria de Risco (CRI) alto, a critério do órgão fiscalizador |

Fonte: A autora, 2023 Adaptado

2.4. A importância das hidrelétricas e dos reservatórios para o meio socioeconômico e ambiental

Esta seção apresenta a importância das hidrelétricas e dos reservatórios para o meio socioeconômico, bem como os impactos ambientais causados na intervenção do rio para instalação dos empreendimentos. Além disso, também é abordada a gestão ambiental e hídrica da região e a importância da conservação desses empreendimentos.

2.4.1. Impactos socioambientais da construção e operação de reservatório

Com expressado anteriormente, as represas podem possuir múltiplos usos, o que proporciona ganhos importantes para a região onde ela é instalada, como é o caso da represa do Funil ligada ao grupo Eletrobras Furnas, que além da sua função de geração de eletricidade,, também é reguladora de vazão para as cidades a jusante.

O reservatório possui um volume total de 8,9 bilhões m³. Para regularizar o volume de água são consideradas as vazões a jusante da represa, que podem ser divididas em: vazão afluente; vazão defluente; vazão vertida e vazão turbinada (FURNAS, 2023).

A vazão afluente é toda água que entra no reservatório, enquanto a vazão defluente é a soma das vazões turbinadas e vertida que deixam o reservatório. A vazão vertida é liberada pelo vertedouro para controle do volume no reservatório e a vazão turbinada é a água destinada para o processo de geração de energia (FURNAS, 2023).

Tendo em vista a importância de uma represa para o sistema econômico e social de uma região, é indispensável promover e manter a qualidade do recurso hídrico dentro dos parâmetros de água doce, pois qualquer alteração na qualidade hídrica e do solo, pode afetar a manutenção hidrológica da bacia prejudicando as finalidades das represas (ROCHA, 2021). Ademais, o processo de intervenção de um rio para instalação de uma represa já causa modificações nos meios físicos e bióticos, porém se faz necessário medidas de conservação da qualidade das águas com o intuito de buscar o equilíbrio do meio aquático de área direta e indireta de influência do empreendimento (ROCHA, 2021).

Ocorrem também impactos ligados ao meio socioeconômico, a instalação de uma represa por muitas vezes pode representar a inundação de áreas enormes que podem abrigar populações ribeirinhas, comércios, casas e industriais, tendo que interromper por definitivo o uso dessas áreas (STRASKRABA E TUNDISI; 2013 apud ROCHA, JULIA; 2021), além da própria fauna e flora que é impactada negativamente nesse processo.

No quadro 8, são apresentados os impactos na construção de um reservatório considerando os efeitos ambientais, sociais e econômicos.

Quadro 8 - Impactos negativos e positivos da construção de um reservatório

| TIPO | IMPACTOS NEGATIVOS | IMPACTOS POSITIVOS |
|------------------|--|--|
| SOCIAL | Deslocamento de populações | Controle contra cheias das áreas a jusante |
| | Emigração humana excessiva | Ampliação das possibilidades de pesca |
| | Degradação das condições da população original | Criação de possibilidade para recreação |
| | Possíveis problemas com saúde pública | Geração de empregos |
| AMBIENTAL | Perda de espécies nativas de peixes | Harmonia paisagística pela presença do lago |
| | Perda das terras férteis | Representativa diversidade biológica |
| | Desmatamento | |
| | Perda de biodiversidade | |
| | Degradação da qualidade hídrica | |
| | Redução do oxigênio | |
| | Introdução de animais exóticos | |
| ECONÔMICO | | Produção de energia |
| | | Navegação |
| | | Disponibilidade de água reservada para abastecimento |

| | | |
|--|--|---|
| | | Aumento do potencial para irrigação |
| | | Armazenamento de água para períodos de seca |

Fonte: A autora, 2023 Adaptado

Vale ressaltar que os reservatórios sofrem influência direta das atividades antrópicas que prejudicam a qualidade do recurso hídricos. Entre essas atividades (STRASKRABA e TUNDISI,2013) cita:

- Atividades de lazer e recreação;
- Navegação;
- Movimentação em massa de população (uso e ocupação do solo desordenado);
- Liberação de partículas atmosféricas e efluentes líquidos derivados de indústrias e automóveis;
- Competição de espécies exóticas em habitats sem concorrência de espaço;
- Utilização de produtos de agrotóxicos para as atividades de agricultura;
- Construção de rodovias;
- Desmatamento das matas ciliares.

Essas atividades podem influenciar direta ou indiretamente a qualidade do recurso hídrico, sendo responsável ou corresponsável pela degradação das características do rio.

2.5. Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul

Segundo a AGEVAP (2021), “a região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul ocupa uma área total de 6.429 km², que equivale a 10,48% na Bacia do Paraíba do Sul e se situa ao longo da região do Vale do Paraíba no Estado do Rio de Janeiro”.

A região possui as bacias hidrográficas do curso Médio do rio Paraíba do Sul e bacia hidrográfica do rio Preto, além de outros rios de domínio federal (INEA, 2013). ^o quadro 9, mostra a composição da região com seus municípios integralmente e/ou parcialmente, represas e hidrelétricas instaladas.

Quadro 9 - Composição da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul

| MUNICÍPIOS | ÁREA TOTAL (KM²) | % TOTAL DENTRO DA BACIA | REPRESAS | HIDRELÉTRICAS |
|---------------------------|------------------|-------------------------|----------|---------------|
| Itatiaia | 245,15 | 100,00 | Funil | Funil |
| Resende | 1094,36 | 100,00 | - | - |
| Porto Real | 50,75 | 100,00 | - | - |
| Quatis | 286,09 | 100,00 | - | - |
| Barra Mansa | 547,23 | 92,08 | - | - |
| Volta Redonda | 182,48 | 100,00 | - | - |
| Pinheiral | 76,53 | 100,00 | - | - |
| Valença | 1304,82 | 100,00 | - | - |
| Rio das Flores | 478,31 | 100,00 | - | - |
| Comendador Levy Gasparian | 106,89 | 100,00 | - | - |
| Rio Claro | 837,27 | 4,37 | - | - |

Fonte: A autora, 2023

A figura 3 apresenta a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul que passa em três Estados Brasileiros que são: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Figura 3 - Bacia hidrográfica do Paraíba do Sul



Fonte: AGEVAP, 2023

3. MATERIAIS E MÉTODOS

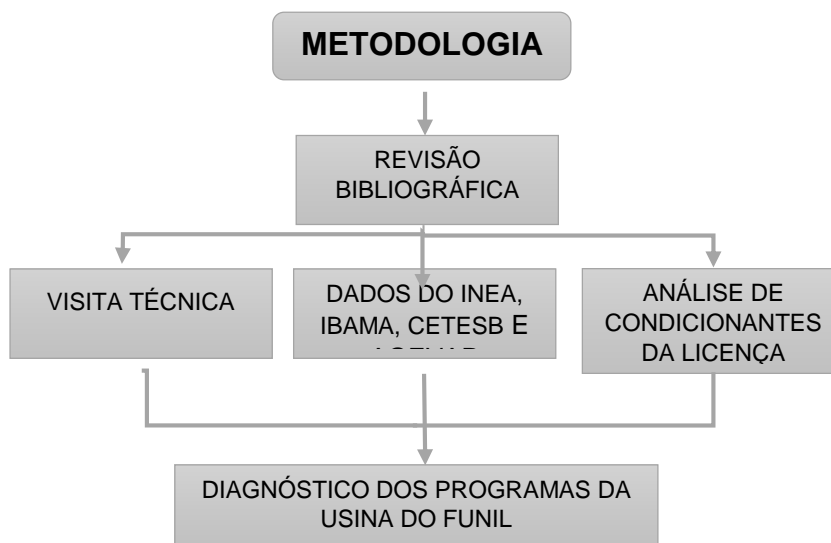
Nessa pesquisa foi realizado um levantamento de dados em estudos, teses, legislações e normas, IBGE, planos, sistema do IBAMA entre outros. As plataformas de busca utilizadas foram: google acadêmico e Scielo, procurando priorizar os artigos com até 10 anos de publicação. O levantamento teve como objetivo extrair o maior número de informações sobre a região, a represa, projetos, histórico do licenciamento ambiental, legislações, eventos críticos e saneamento básico, com o intuito de realizar o diagnóstico e fazer uma análise crítica para posteriormente propor um plano de ação.

O trabalho foi organizado na etapa inicial da revisão bibliográfica seguida de análise crítico-textual dos documentos relacionados ao processo de licenciamento ambiental da represa fluminense Funil; a coleta de dados de agencias ambientais e empresas de saneamento sobre a qualidade hídrica na represa do Funil e uma visita técnica as instalações da represa para observar o estado geral das águas, a infraestrutura e o entorno. Por meio do estudo desses materiais desenvolveu-se os pontos a seguir:

- Diagnóstico da Represa do Funil com o objetivo avaliar a gestão ambiental da represa;
- Avaliação dos programas ambientais voltados para o recurso hídrico e o processo de licenciamento ambiental;
- Plano de ação como o objetivo de propor melhorias para gestão hídrica.

Pode-se observar na figura 4 a apresentação de um fluxograma sobre as etapas e resultados desta dissertação.

Figura 4 - Fluxograma sobre as etapas da metodologia



Fonte: A autora, 2023

3.1. Visita técnica

Foi realizada uma visita de campo no dia 18 de fevereiro de 2022 a Usina Hidrelétrica do Funil localizada em Itatiaia. A visita de campo possibilitou a realização uma abordagem sobre questões ambientais e operacionais da represa com o gestor operacional, com a intenção de coletar dados pertinentes para o diagnóstico ambiental e sua influência na qualidade da água.

3.3. Análise de condicionantes da licença e de seus programas

A análise das condicionantes da licença de operação 1079/2012 foi realizada após a visita técnica, que consistiu no fornecimento pelo IBAMA, de todo o processo de licenciamento ambiental da empresa do Funil no Sistema Eletrônico de Informação (SEI).

A entrada do processo de licenciamento ambiental ocorreu em 1999, sendo que foi emitida apenas em 2012. A licença foi analisada em conjunto com o site de Furnas e com cada condicionante. Além das condicionantes gerais, a represa do Funil possui condicionantes específicas que são programas ambientais e sociais. As condicionantes específicas são geralmente as que apresentam prazo de cumprimento e de controle de condições ambientais.

3.4. Estudo de parâmetros de monitoramento da qualidade da água com dados da AGEVAP, do INEA e da CETESB

Para realizar o estudo da qualidade da água na represa do Funil foram usados os dados apresentados na Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul trecho Funil realizado pelo Instituto Estadual do Ambiental (INEA) em 2010 e o Plano de Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (2021). As séries históricas de monitoramento utilizadas foram os dados disponíveis na seção de monitoramento qualidade de água do RH III do site do INEA desde 2012, e os dados de monitoramento disponibilizados no site da CETESB para o ponto a montante da represa, em Queluz.

No programa de monitoramento do Funil, disponibilizado no processo de licenciamento ambiental, foram estipulados trezes (13) pontos de amostragem no reservatório, em diferentes profundidades, sendo 10 metros para coleta superficial, 30 metros para coleta na superfície e de fundo, e acima de 30 metros para coletas no fundo. Os relatórios da represa do Funil utilizados nesse estudo foram os entregues anualmente com campanhas bimestrais de 2016 até 2020.

O INEA possui quatro pontos estabelecidos para o monitoramento da qualidade da água na represa do Funil, sendo um ponto a montante, dois no corpo do reservatório e um ponto a jusante. Todos os dados podem ser encontrados na seção de monitoramento do Rio Paraíba do Sul. O ponto 01RJ02FN130 fica localizado na Cidade de Queluz, onde todos os parâmetros pertinentes foram apresentados na discussão dos resultados.

Como forma de verificar a qualidade de água a montante, no reservatório e a jusante, foram analisados os dados analíticos do Instituto Estadual do Ambiental (INEA), que monitora mensalmente quatro pontos ao entorno da represa e os dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) que monitora o ponto a montante localizado em Queluz.

No Estado de São Paulo é onde nasce o Rio Paraíba do Sul e possui monitoramento da qualidade de águas do interior pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Como forma de análise de dados, foram extraídas as informações de monitoramento da Cidade de Queluz desde 2012, onde o ponto de monitoramento do município recebe o código de PARB02900. E como forma comparativa ao ponto de Queluz, foi analisado o ponto FN130 do INEA.

E para a comparação no meio do reservatório e a jusante, foram utilizados as análises da represa do Funil e do INEA. Ao verificar os pontos de monitoramento entre o INEA e os pontos do programa de monitoramento da represa do Funil, observa-se pontos próximos ou similares entre eles. O ponto 01RJ02FN0136 e o ponto PRB 20 representa a entrada no reservatório do Funil, entretanto foram encontradas análises desse ponto específico pelo INEA apenas no ano de 2014 nos meses de novembro e dezembro, tornando difícil o processo comparativo entre INEA e represa do Funil. Porém a análise avulsa do ponto PRB 20 é valiosa para as demais análises críticas das condições do reservatório do Funil junto com os pontos PRB 40, PRB 80 e PRB 90, onde todos os pontos foram monitorados no fundo do reservatório. O ponto 01RJ02FN0140 é próximo ao ponto PRB 40 e enquanto o ponto 01RJ02FN0150 é similar ao ponto PRB 80. O PRB 90 não possui ponto próximo monitorado pelo INEA, mas sua importância no processo da dissertação é que o mesmo representa a saída do reservatório.

Os pontos abordados pelo INEA estão distribuídos no quadro 10.

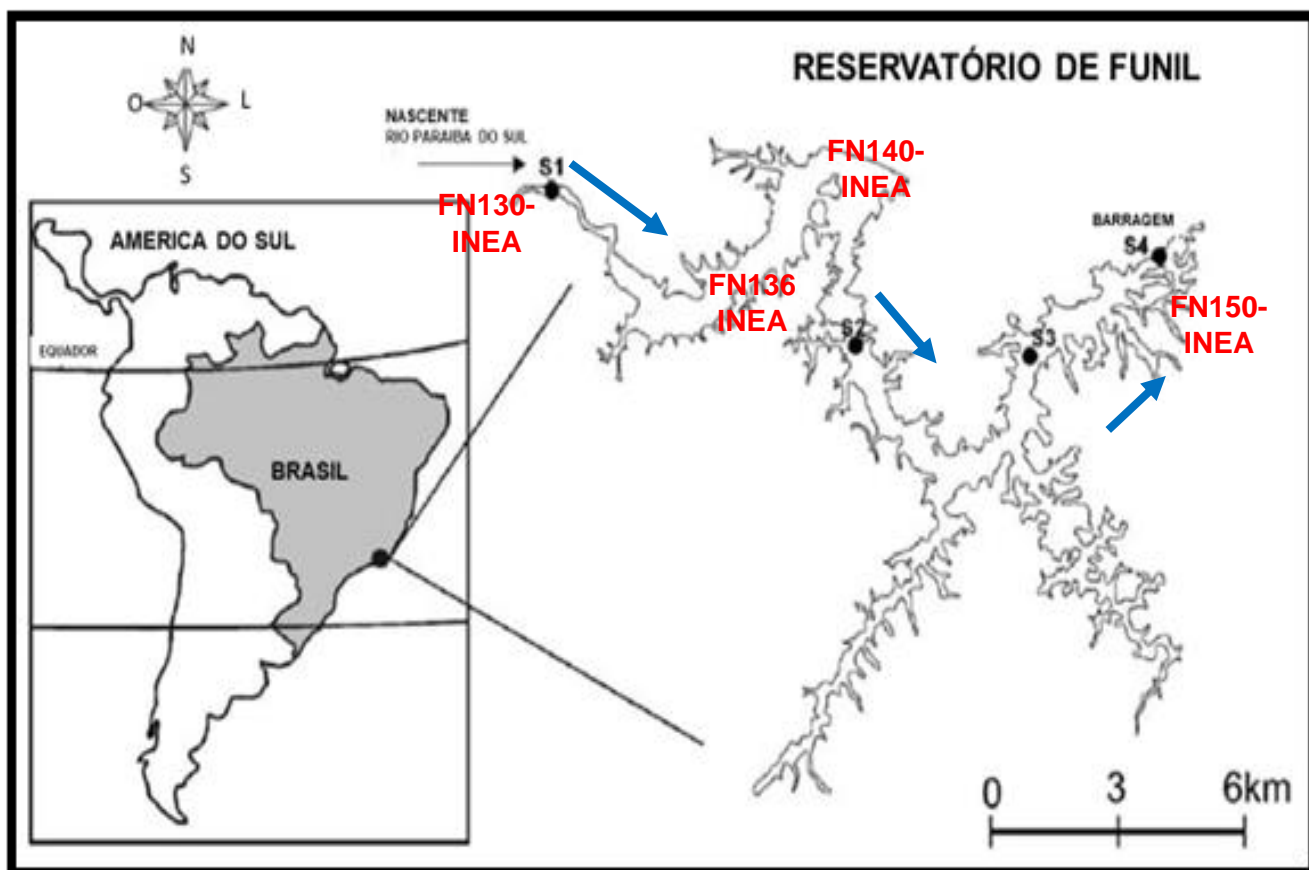
Quadro 10 - Pontos de monitoramento do reservatório do Funil pelo INEA

| CÓDIGO ESTAÇÃO | LATITUDE | LONGITUDE | DESCRIÇÃO |
|-----------------------|-----------------|------------------|--|
| 01RJ02FN0130 | 22°31'30,97" | 44°43'30,37" | Reservatório de Funil - Queluz |
| 01RJ02FN0136 | 22°31'43,61" | 44°40'50,44" | Reservatório de Funil – Nhangapi |
| 01RJ02FN0140 | 22°30'37,67" | 44°37'37,52" | Reservatório de Funil |
| 01RJ02FN0150 | 22°31'43,51" | 44°33'59,68" | Reservatório de Funil – Saída da barragem de Funil |

Fonte: Banco de dados INEA, 2022

Enquanto o ponto monitorado pela CETESB escolhido foi o ponto próximo a ponte da cidade de Queluz, sendo a coordenada geográfica latitude 22°32'32"S e longitude 44°46'26"W. Conforme a figura 5, observa-se os pontos de monitoramento do INEA, sendo o FN130, a montante, e FN150, a jusante.

Figura 5 - Pontos de monitoramento do INEA



Legenda: Adaptado pela autora, 2023

No quadro 11, estão disponíveis os parâmetros físico químico analisados nessa dissertação, que foram monitorados pelo INEA, CETESB e Funil.

Quadro 11 - Parâmetros monitorados pelos órgãos ambiental e Funil

| PARÂMETROS DE MONITORAMENTO | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| FUNIL | CETESB | INEA |
| Temperatura | Condutividade | Temperatura |
| OD | Turbidez | DQO |
| pH | Nitrato | DBO |
| Turbidez | Nitrogênio Amoniacal | OD |
| Nitrogênio total | OD | Fósforo total |
| Nitrato | DBO | Nitrato |
| Nitrogênio amoniacal | Fósforo | Nitrito |
| Fósforo Total | pH | Nitrogênio Amoniacal |
| DQO | | Ph |
| DBO | | Turbidez |
| Coliformes totais | | Condutividade |

Fonte: A autora, 2023

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão estão divididos em três seções: A primeira é um diagnóstico da Represa do Funil. A segunda seção é uma avaliação dos programas ambientais voltados para gestão das águas. Já a última parte, é um plano de ação.

4.1. Diagnóstico da represa do Funil

Este item apresenta a localização da represa do Funil, bem como, a situação da qualidade da água, programas, características do empreendimento e sua gestão.

4.1.1. Caracterização da área

A represa do Funil está localizada no Rio Paraíba do Sul (figura 6), conhecido como Salto do Funil, entre os municípios de Itatiaia e Resende, no Estado do Rio de Janeiro. Sendo localizada na Região Hidrográfica III (RH-III) que possui na região grandes centros consumidores e grandes indústrias instaladas. A Usina do Funil possui grande importância para região sendo responsável pelo controle de vazão de sua vazante, reduz a frequência e a intensidade das cheias nas cidades a jusante (FURNAS, 2022). O corpo hídrico principal e seus afluentes são influenciados pela represa que possuem as seguintes características principais: uso da água – abastecimento público; geração de energia; receptor de efluentes domésticos e industriais.

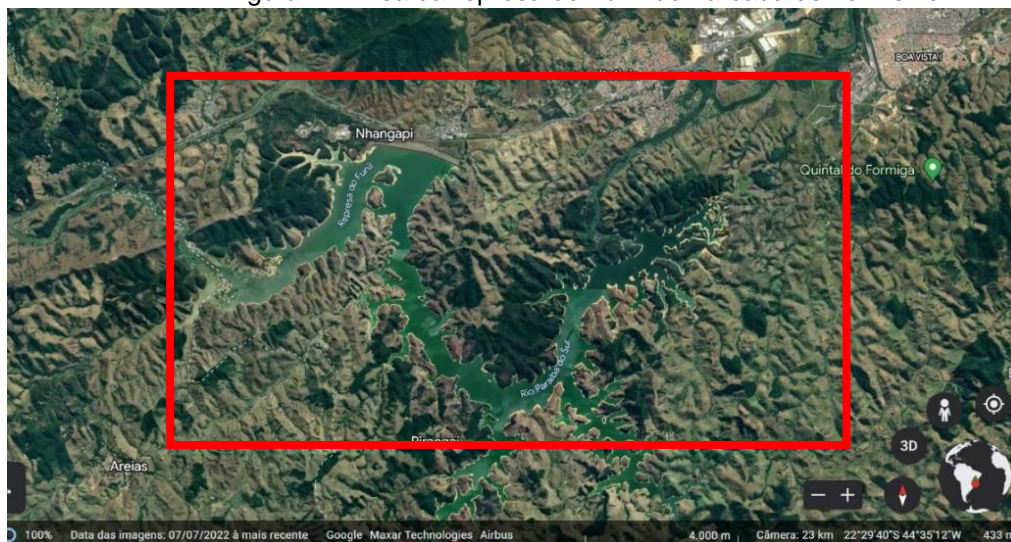
Figura 6 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



Fonte: INEA, 2012

A barragem do Funil possui um volume total de 270 mil m³, construída na forma de abóbada de dupla curvatura. O reservatório ocupa uma área inundada de 40 km² com volume total de 8,9 bilhões de m³ onde o seu entorno possui vegetação proveniente da Mata Atlântica. Vale lembrar que não é em todo o seu percurso que possui vegetação como pode-se observar na figura 7 do Google Earth.

Figura 7 – Área da represa do Funil demarcada de vermelho



Fonte: Google Earth, acesso em 20 de agosto de 2023

Antes da construção da represa do Funil, o lugar possuía um pequeno distrito do município de Resende chamado Sant'Anna dos Tocos. Esse distrito era considerado o sexto da cidade, onde foi submerso pelas águas do Rio Paraíba do Sul, no final da década de 1960, devido a construção da Usina do Funil. A população de Sant'Anna foi deslocada para o município de Areias (São Paulo) e Resende. Naquela época, Itatiaia também fazia parte de Resende que foi emancipada em 1989. citação

A área inundada não afetou apenas a vida da população, como também prejudicou a vida aquática e terrestre tanto de fauna quanto da flora. Como na época não existia o estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA), os dados dos danos causados não foram encontrados ou mensurados.

Foram encontrados registros em jornais de circulação na época da mudança da população de suas casas, conforme a figura 8:

Figura 8 - Jornal informativo do deslocamento da população do distrito



Fonte: Rede social, 2023

4.1.2. Licenciamento e condicionantes ambientais

A usina do Funil foi planejada em 1930, sendo construída somente em 1961 pela Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba. Em 1965, foi absorvida pela grupo Eletrobras entrando em operação apenas em 1969. Com isso, a Usina Hidrelétrica do Funil foi construída antes da promulgação da Política

Nacional de Meio Ambiente, de 31 de agosto de 1981. Desta forma, a Usina não passou pelo convencional processo de licenciamento ambiental para obras de grande porte, exigido na Resolução do CONAMA nº 006/87 (BRASIL, 1987; FURNAS, 2022) portanto a empresa não tem licença de instalação, estudo de impacto ambiental (EIA) e relatório de impacto ambiental (RIMA). A resolução exige que os empreendimentos que entraram em operação antes da promulgação devessem apenas regularizar sua situação com a licença de operação.

A Usina do Funil opera sob a licença de operação (LO) nº 1.079/2012, que foi emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e obteve renovação em 2017 para um período de 10 anos.

No quadro 12 estão listadas as condicionantes de validade da licença com os inúmeros programas que abrangem os meios bióticos, socioeconômico e físico.

Quadro 12 - Programas ambientais da Licença de Operação (LO) da Usina do Funil

| MEIO FÍSICO | MEIO BIÓTICO | MEIO SOCIOECONÔMICO |
|---|---|---|
| Programa de monitoramento hidrossedimentológico e assoreamento | Programa de Monitoramento e Recuperação de áreas degradadas | Programa de comunicação social |
| Programa de monitoramento sismológico | Programa de reflorestamento e revegetação de áreas de preservação permanente | Programa de educação ambiental |
| Programa de gestão de resíduos sólidos | Subprograma de fomento ao reflorestamento em propriedades do entorno do reservatório | Programa de monitoramento e manejo da pesca e cultivo de peixes no reservatório |
| Programa de segurança de barragens | Programa de monitoramento limnológico, de qualidade de água e de macrófitas aquáticas | |
| Subprograma de gerenciamento de risco | Programa de Monitoramento e manejo de ictiofauna | |
| Subprograma de ação de emergências | Programa de monitoramento de fauna | |
| Subprograma de comunicação de emergências | Programa de acompanhamento de endemias associadas à entomofauna malacofauna | |

Fonte: IBAMA, 2012

Todos os programas constam na licença de operação como condicionante específica. Esses programas são exigidos como forma de mitigação dos impactos causados na instalação e operação do empreendimento. Furnas tem como responsabilidade apresentar anualmente os relatórios temporais de todos os programas ambientais conforme exigido na licença operação.

4.1.2.1. Programas ambientais

Como ressaltado na seção anterior, a licença de operação do Funil apresenta inúmeros programas que precisam ser cumpridos para atender as condicionantes de validade.

Alguns programas ambientais não apresentam influência na gestão de recursos hídricos. No quadro 13, são apresentados os objetivos e resultados encontrados no processo de licenciamento de Furnas.

Quadro 13 - Objetivos e resultados dos programas ambientais

| PROGRAMA | OBJETIVO | RESULTADO |
|--|--|--|
| Monitoramento Hidrossedimentológico e de Assoreamento. | Monitorar os processos de transporte e aporte de sedimentos no reservatório. | Desde 2002, os dados de medição mostram que existe uma estabilidade no regime de sedimentos da bacia. |
| Acompanhamento de Endemias associadas à entomofauna e malacofauna. | Obter e analisar dados de ocorrência de endemias que podem ser ocasionados pela presença do reservatório. | Analisa as doenças malária, esquistossomose, febre amarela, dengue, leishmaniose, oncocercose, doença de chagas e febre maculosa. Nos anos analisados não foram correlacionadas as doenças com a presença do reservatório. |
| Monitoramento sismológico. | Monitorar as atividades sísmicas naturais e induzidas antes, durante e após o enchimento do reservatório de Funil. | O comportamento das atividades sísmica na região não foram divulgados. |
| Programa de Gestão de Resíduos Sólidos. | Gerenciar os resíduos sólidos industriais da Usina Hidrelétrica do Funil. | Existe uma Comissão da Coleta Seletiva que busca incluir catadores. Além disso, o programa busca reduzir a geração de resíduos fazendo a manutenção constante dos equipamentos para aumentar a vida útil. |
| Monitoramento da Ictiofauna. | Avaliar as características biológicas e ecológicas das espécies de peixes que podem sofrer efeitos devido a implantação do empreendimento. | Das espécies capturadas, nenhuma estava na lista de espécies ameaçadas. |

| | | |
|--|---|--|
| Monitoramento da Fauna. | Monitorar os efeitos que a fauna sofreu com a implantação da Usina do Funil. | Na última campanha, foram identificadas 257 espécies na região. |
| Monitoramento Limnológico e qualidade da água e macrófitas. | Caracterizar o ambiente aquático e fornecer importantes informações para gestão de recursos hídricos. | Não foram divulgados os resultados. Mas são coletados mais de 40 parâmetros entre eles físicos, químicos e biológicos. |
| Monitoramento e recuperação de erosões e de áreas degradadas. | Reabilitar as áreas afetadas por processos erosivos ao entorno da Usina. | Foram adotadas técnicas de bioengenharia de solos. Resultado não divulgado. |
| Reflorestamento e revegetação de área de preservação permanente do reservatório. | Reflorestar as áreas de entorno do reservatório da usina. | Foram produzidas 11.256 mudas de espécies nativas para reflorestar a usina e outros empreendimentos de Furnas. |

Fonte: Funil, 2018

Os programas que foram detalhados na seção 4.1.2.1 são os programas que impactam diretamente a qualidade hídrica do Rio Paraíba do Sul. O programa de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas contribuem para melhorar a mata ciliar ao entorno da Usina. Os programas de monitoramento de ictiofauna, fauna, qualidade de água e macrófitas colaboram para compreender como o reservatório, em conjunto com o saneamento básico da região, estão impactando a qualidade do ambiente aquático.

4.1.3. Impactos ambientais

No quadro 14, pode-se encontrar uma estimativa dos principais impactos causados por esse tipo de empreendimento na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, conforme relatório entregue pela AGEVAP em 2007.

Quadro 14 - Impactos ambientais ocorridos sobre a natureza e sobre a sociedade na instalação da represa do Funil

| IMPACTOS SOBRE A NATUREZA | IMPACTOS SOBRE A SOCIEDADE |
|---|--|
| Escorregamento de encostas marginais | Redução da pecuária leiteira |
| Mineração de pedra, solo e areia p/ construção do empreendimento | Interrupção de acessos rodoviários |
| Perda de 40 km ² de terras | Interferência na infraestrutura de energia e de telecomunicações |
| Desaparecimento de importantes hábitats | Diminuição da população residente e perda da atividade produtivas |
| Perda de áreas úmidas | Promoção do Uso múltiplo do reservatório, possibilitando atividades de abastecimento público, irrigação, navegação e pesca esportiva, turismo e lazer e aquicultura. |
| Prejuízos aos ecossistemas aquáticos com a transformação do ambiente lótico em lêntico e pelo barramento do rio, impedindo a migração das espécies reofilicas | |
| Inundação de remanescentes de matas nativas | |

Fonte: AGEVAP, 2007

No quadro 15, estão os principais impactos ambientais do empreendimento sobre a qualidade de água e a ictiofauna. Citando as causas e efeitos das atividades humanas na ictiofauna.

Quadro 15 - Causa e efeito na ictiofauna ocasionado pela represa do Funil

| CAUSAS | EFEITOS |
|--|--|
| Perda de conexão pelas barragens do Funil e Santa Cecília | Extinção das populações das espécies migratórias de grande distância |
| Regularização de vazão do rio Paraíba do Sul e alterações nas regras | Redução considerável das populações das espécies de migração localizada |
| Poluição industrial | Redução das populações de várias espécies devido aos efeitos tóxicos da água e sedimentos |
| Esgoto doméstico | Impacto em determinadas populações devido à disponibilidade desequilibrada de alimentos |
| Baixa vazão dos afluentes do Paraíba do Sul na região | Falta de estímulo natural para migrações reprodutivas de curta distância (subindo afluentes) |
| Desmatamentos | Perda das condições naturais do rio |

Fonte: AGEVAP, 2007

4.2. Diagnósticos dos Programas Ambientais voltados para os recursos hídricos

Nessa seção foram abordados os resultados dos relatórios dos programas ambientais que foram entregues pela Eletrobras Furnas-Funil ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA).

Vale ressaltar, que após a emissão da licença, a Empresa Eletrobrás Furnas entregou a proposta de como seriam os programas ambientais. Esses documentos foram anexados em processo físico.

4.2.1. Programa de monitoramento limnológico e de qualidade da água

O programa foi criado na licença de operação da Usina do Funil para atender a condicionante específica 2.1 (Executar os seguintes Programas ambientais observando as recomendações sugeridas no Parecer nº 6/2017 -SEI Nº 0467865) que coloca como obrigação a entrega de relatórios anuais para o órgão ambiental. Esse programa foi instituído por conta da demanda de efluentes domésticos e industriais lançados no alto do Paraíba do Sul, que possuem uma concentração de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, levando a eutrofização e, conseqüentemente, ao aparecimento de algas. O monitoramento da qualidade de água tem por objetivo verificar possíveis alterações na qualidade do corpo hídrico, e caso necessário, seria possível buscar medidas de correção.

O programa foi iniciado apenas em fevereiro de 2014, com a realização de análises bimestrais que contemplam amostras de água e sedimento, seguindo parâmetros físico-químicos e biológicos previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005. O programa contemplou campanhas de modo sazonal da região, pegando épocas de cheias, secas, enchentes e vazante. As atividades partiram dos objetivos de acompanhar a evolução da qualidade de água e suas condições tróficas, como a evolução das comunidades planctônica, bentônica e de macrófitas aquáticas. O programa contemplou 13 pontos que estão apresentados no quadro 16.

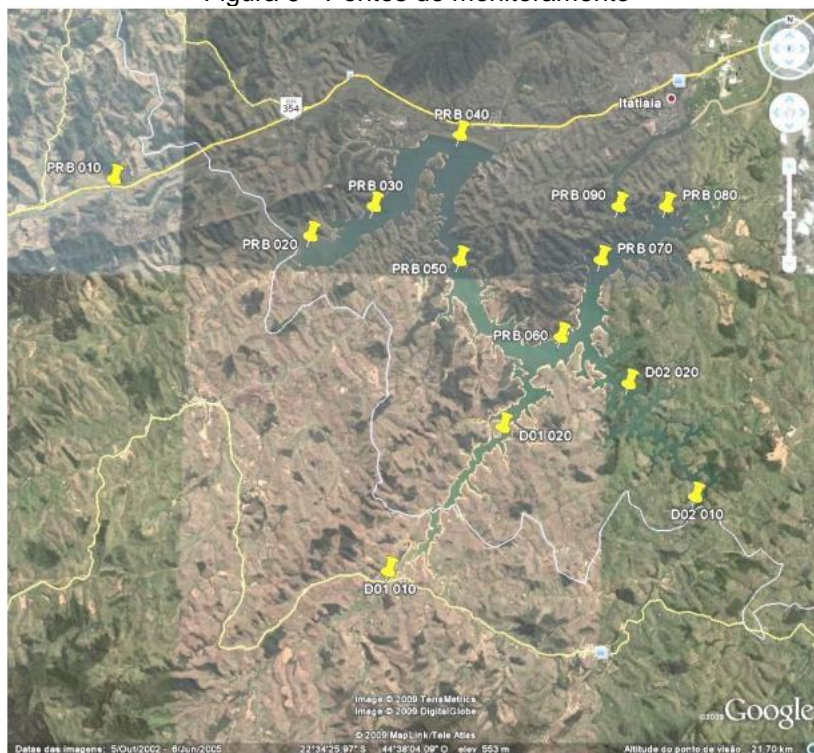
Quadro 16 - Pontos de amostragem do programa ambiental da represa do Funil

| Estação | Latitude (sul) | Longitude (oeste) | Referência |
|----------------|-----------------------|--------------------------|---|
| PRB 010 | 22°31'29" | 44°43'41" | Ponto do rio, junto à ponte da ferrovia |
| PRB 020 | 22°32'20" | 44°40'03" | Ponto de Remanso |
| PRB 030 | 22°31'49" | 44°38'56" | Área de transição do reservatório |
| PRB 040 | 22°30'38" | 44°37'28" | Corpo do reservatório |
| PRB 050 | 22°32'41" | 44°37'22" | Corpo do reservatório |
| PRB 060 | 22°33'50" | 44°35'37" | Corpo do reservatório |
| PRB 070 | 22°32'35" | 44°34'57" | Corpo do reservatório |
| PRB 080 | 22°31'42" | 44°33'49" | Próximo a barragem da UHE Funil |
| PRB 090 | 22°31'43" | 44°34'40" | Ponto de Jusante |
| D01 010 | 22°37'41" | 44°38'31" | Ponto de Rio |
| D01 020 | 22°35'18" | 44°36'36" | Braço do reservatório |
| D02 010 | 22°36'21" | 44°33'11" | Ponto do Rio |
| D02 020 | 22°34'33" | 44°34'24" | Braço do reservatório |

Fonte: Relatório de Funil, 2016

Os pontos de monitoramento foram distribuídos conforme apresentado na figura 9.

Figura 9 - Pontos de monitoramento



Fonte: Relatório de Funil, 2016

Os indicadores ambientais previstos no programa seguem a resolução CONAMA nº 357/2005, sendo considerado a classe 2 para o Rio Paraíba do Sul. O enquadramento dos rios de domínio do Estado do Rio de Janeiro ainda não foi definido pelo Comitê da Região Hidrográfica, sendo portanto considerados classe 2 conforme o artigo 42º da Resolução do CONAMA Nº 357/2005. No quadro 17 encontram-se os parâmetros e limites aceitáveis para a Classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005):

Quadro 17 - Parâmetros de qualidade da água para corpos hídricos de água doce de classe 2 segundo a CONAMA 357/2005

| PARÂMETROS | PADRÃO CONAMA CLASSE 2 |
|---------------------------------------|---|
| Temperatura ambiente (°C) | - |
| Temperatura da amostra (°C) | - |
| Condutividade (mohm/cm) | - |
| Alcalinidade (mg CO ₃ /L) | - |
| Transparência | - |
| Cor (mg Pt/L) ² | 75 |
| Turbidez (UNT) | 100 |
| Ph | 6,0 a 9,0 |
| Sólidos suspensos fixos | - |
| Sólidos suspensos voláteis | - |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | >5 mg/L |
| Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) | 5mg/L |
| Demanda química de oxigênio (mg/L) | - |
| Nitrogênio total (mg N/L) | - |
| Nitrogênio amoniacal (mg N/L) | 3,7 mg/L N para pH<7,5 2,0mg/L N para pH 7,5<pH<8,0 1mg/L N par pH 8,0<pH<8,5 0,5 mg/L N para pH<8,5 |
| Nitrato (mg N/L) | 10 |
| Fósforo total (mg P/L) | 0,03 |
| Ortofosfato dissolvido (mg P/L) | - |
| Sílica dissolvida (mg/L) | - |
| Dureza (ppm CaCO ₃) | - |
| Óleos e graxas (mg/L) | Ausentes |
| Sódio (mg/L) | - |
| Alumínio dissolvido (mg/L) | 0,1 |
| Potássio (mg/L) | - |
| Ferro Dissolvido (mg Fe/L) | 0,3 |
| Ferro total (mg/L) | - |
| Cloreto (mg Cl/L) | 250 |
| Cádmio (mg/L) ² | 0,001 |
| Chumbo (mg/L) ² | 0,01 |
| Cálcio (mg/L) | - |
| Cobre dissolvido (mg/L) ² | 0,009 |
| Cromo (mg/L) ² | 0,05 |
| Magnésio (mg/L) | - |
| Manganês (mg/L) ² | 0,1 |

| | |
|--|-------|
| Mercúrio ($\mu\text{g/L}$) | 0,2 |
| Níquel (mg/L) ² | 0,025 |
| Zinco (mg/L) ² | 0,18 |
| Fenóis totais (mg/L) | 0,003 |
| Arsênio total ($\mu\text{g/L}$) ² | 0,14 |
| Sulfato (mg/L) | 250 |
| Densidade de cianobactérias (cel/MI) ² | 50000 |
| Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) | 30 |
| Zooplâncton | - |
| Fitoplâncton | - |
| Bentos | - |
| Coliformes Termotolerantes (100/ml) | 1000 |

Fonte: Resolução CONAMA 357, 2005

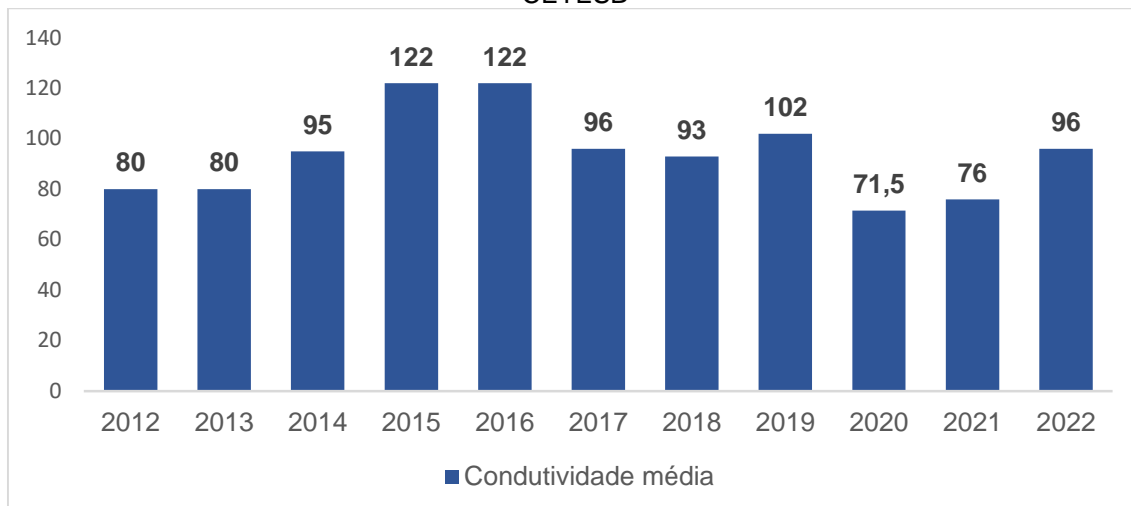
Nos primeiros relatórios entregues entre os anos de 2016 e 2017 foi possível identificar a presença de processos de eutrofização devido a elevada concentração de cianobactérias. Foi apresentado que as florações de cianobactérias estavam afastadas de pontos de captação de água para consumo e que as análises de água a jusante não registraram condições adversas para tal atividade.

4.2.1.1. Análises comparativas entre CETESB e INEA no ponto de Queluz

Como forma de análise da qualidade de água a montante do reservatório, foram analisados os dados da CETESB e do INEA para o ponto localizado em Queluz nos gráficos de 1 a 18.

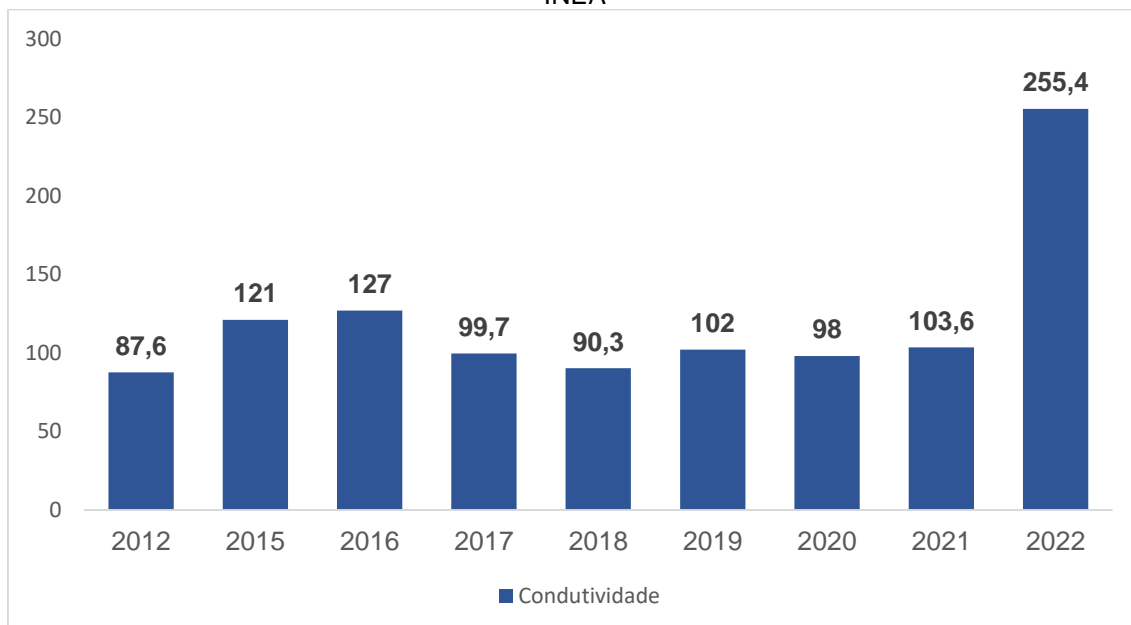
Nos gráficos 1 e 2, encontra-se o parâmetro de condutividade.

Gráfico 1 - Média de condutividade dos anos de 2012 a 2020 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 2 - Média de condutividade dos anos de 2012 até 2022 para o ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

A condutividade elétrica corresponde a transmissão de corrente elétrica na presença de substâncias dissolvidas na água, como ânions e cátions (LIBÂNIO, 2010). Além disso, esse parâmetro costumam ficar mais elevado em períodos chuvosos, pois aumentam os sólidos dissolvidos e aumenta a decomposição da matéria orgânica. Outro ponto sobre a condutividade é que corpos hídricos receptores de cargas de efluentes domésticos e industriais podem atingir 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (LIBÂNIO, 2010).

O parâmetro de condutividade não apresenta valor máximo permitido estabelecido na Resolução do CONAMA nº 357/2005, porém ele possibilita

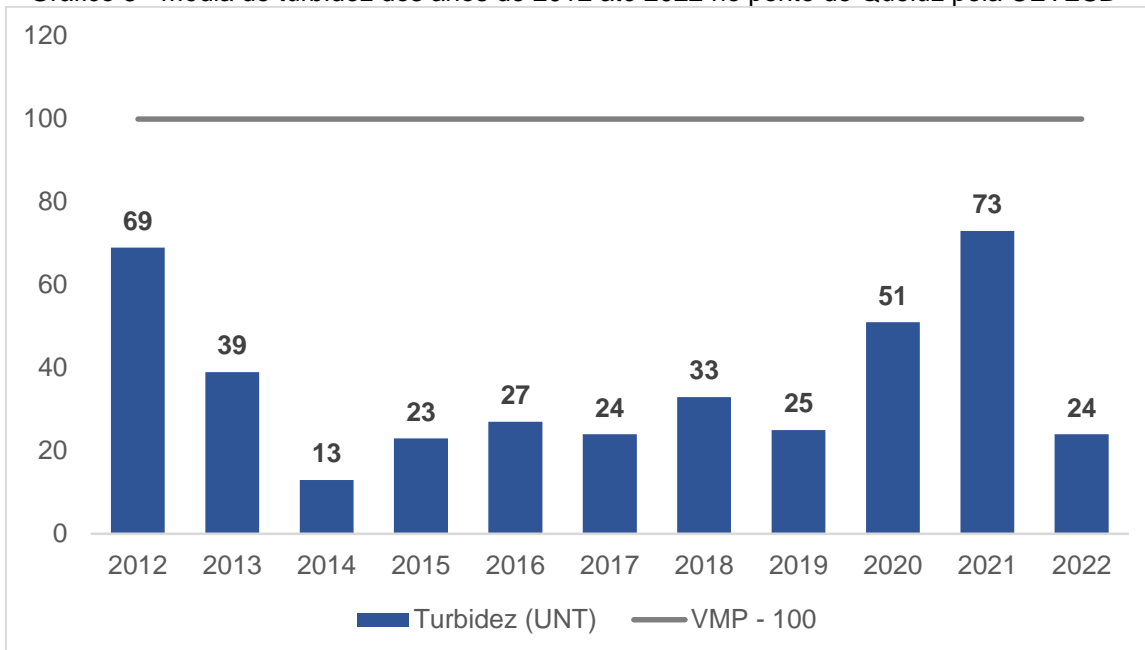
estimar o teor de sais presentes na água, ou seja, quanto maior for a condutividade, maior é a concentração de sais minerais. Os anos de 2015 e 2016 apresentavam a maior média de condutividade no trecho de Queluz nos dados compilados da CETESB, porém os dados do INEA mostram uma realidade diferente, onde o ano de 2013 apresentava uma média mais elevada, o que pode significar o lançamento de sais minerais naquele ponto em específico, como por exemplo descarregamento de solo liberando mais substâncias minerais na água.

A condutividade elétrica pode ser proveniente de concentrações de fertilizantes e defensivos agrícolas (MOSCA, 2003 apud QUEIROZ et al., 2010). Alguns estudos mostram que o parâmetro apresenta valores baixos quando estão atrelados à presença de área de preservação permanente e solo com boa conservação (QUEIROZ et al, 2010). Além disso, outro autor mostra que a condutividade elétrica em microbacias florestais apresentaram valores médios mensais inferiores a 20 μs (ARVOVA et al, 1998 e ARCOVA & CICCIO, 1999.; apud MARMONTEL, 2025). Esse ponto da condutividade em bacias florestais encontra-se ligada a preservação das faixas marginais, quanto maior é a preservação, menor é o descarregamento de substâncias, consequentemente menor será a condutividade. Ao observar os valores médios da condutividade do INEA e da CETESB, percebe-se que todos apresentaram valores superiores ao valor de 20 μs . Desta forma, é notório que existe uma correlação positiva quando ocorre a presença de mata ciliares preservadas ao entorno do reservatório., porém nesse caso, todas as médias ficaram acima do valor de 20 μs .

Os valores de condutividade variaram de 71,5 a 255 μS , sendo uma boa parte dos resultados inferior a 100 μS . Conforme estudos, os valores maiores que 100 μS podem determinar elevadas concentrações de poluentes, visto que esses poluentes apresentam íons dissolvidos (CETESB, 2009 apud QUEIROZ, et al 2017).

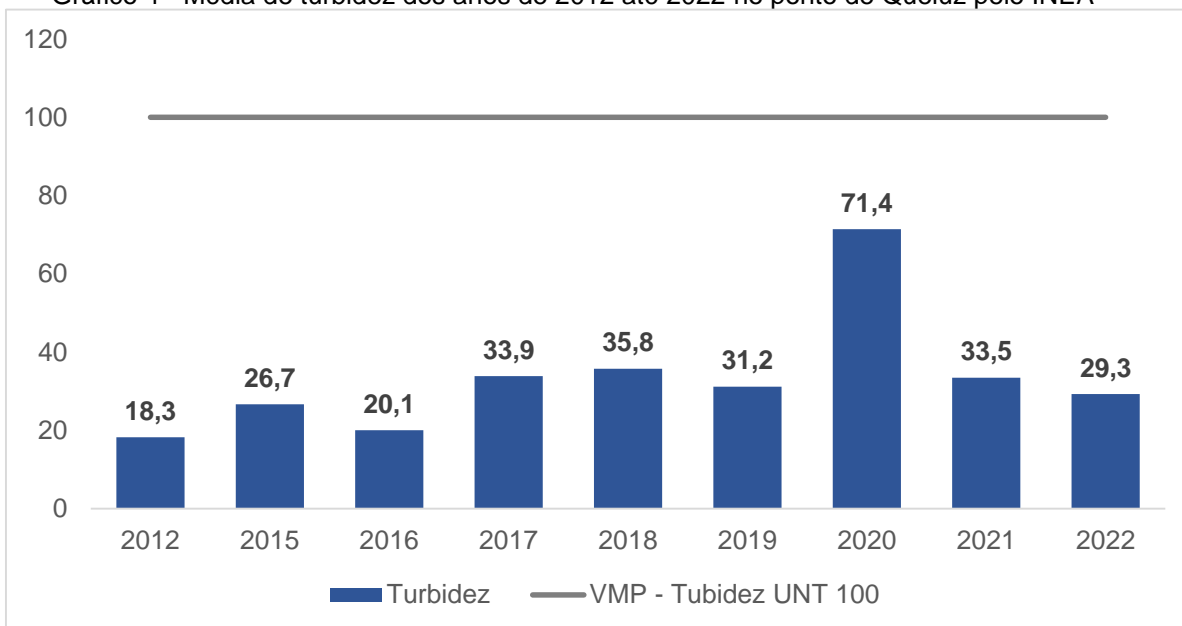
Nos dados compilados da CETESB disponíveis no gráfico 3, ano de 2021 apresentava a maior média para o parâmetro de turbidez, porém o resultado continuava abaixo do valor máximo permitido para rios classe II. Enquanto nos dados do INEA no gráfico 4, o ano de 2020 apresentava a média mais alta para turbidez. Durante os anos de 2020 e 2021, aconteceram fortes chuvas, o que pode ter contribuído para meses com a turbidez mais elevada, pois houve o desprendimento de sedimentos.

Gráfico 3 - média de turbidez dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

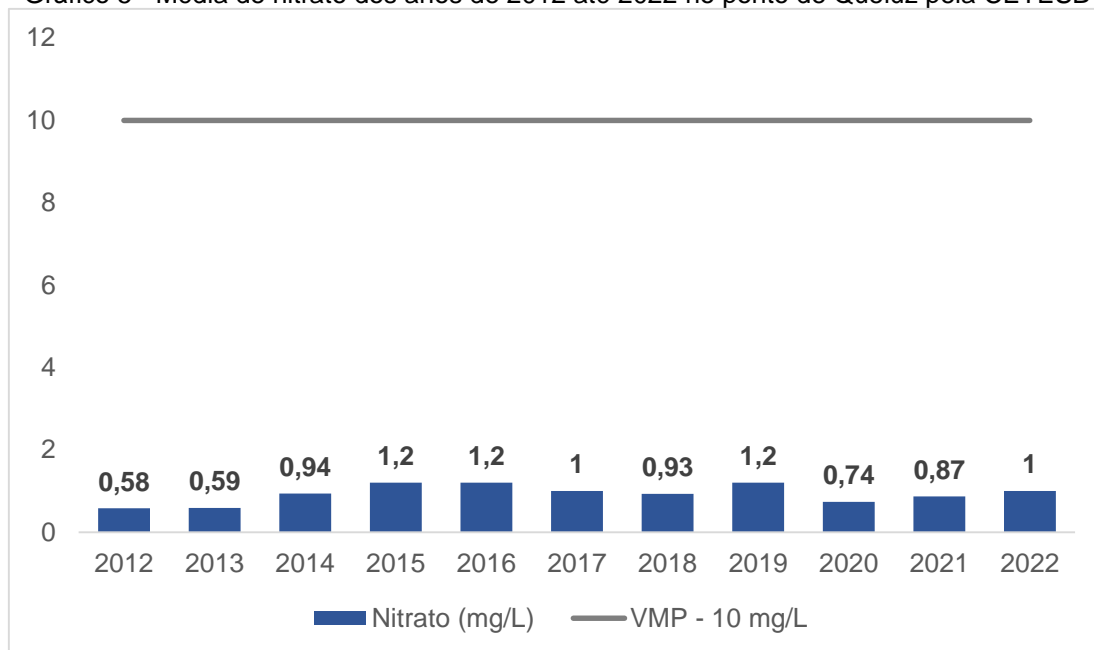
Gráfico 4 - Média de turbidez dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

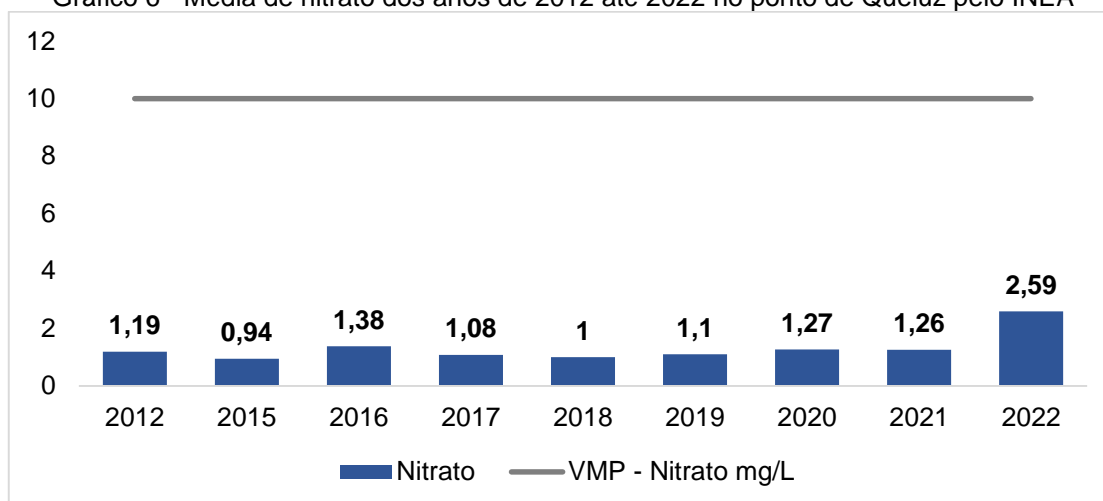
O parâmetro de nitrato, apresentado nos gráficos 5 e 6 representam os valores médios do nitrato ao longo dos anos, monitorados pelo CETESB e INEA respectivamente, não apresentaram valores de média acima do permitido na CONAMA nº 357/2005. Ressalta-se um ponto importante que o INEA não monitorou o parâmetro em 2013 e 2014 no ponto de Queluz.

Gráfico 5 - Média de nitrato dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 6 - Média de nitrato dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA

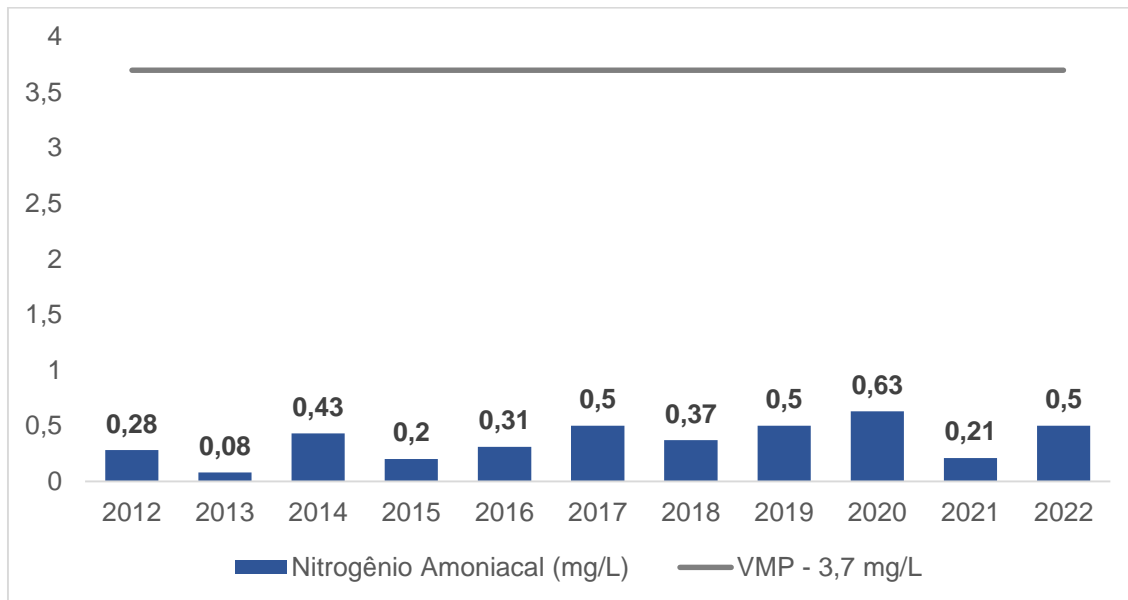


Fonte: A autora, 2023

Os gráficos 7 e 8 mostram os valores do parâmetro para nitrogênio amoniacal que é regulado pelo pH para definição do seu máximo permitido. No gráfico 7, monitorado pela CETESB em Queluz, o valor máximo permitido foi de 3,7 mg/L, pois a média do pH nos anos não ultrapassava o valor de 7,4. Para a classe 2 de água doce, o nitrogênio amoniacal apresentava resultados abaixo do valor máximo permitido. Com relação aos dados monitorados pelo INEA apresentado nos gráficos 8 (nitrogênio amoniacal) e 9 (pH), todos os anos apresentaram dados abaixo do valor máximo permitido, mas é preciso destacar que no ano de 2012, foi mensurado um pH mais alto que os demais com média

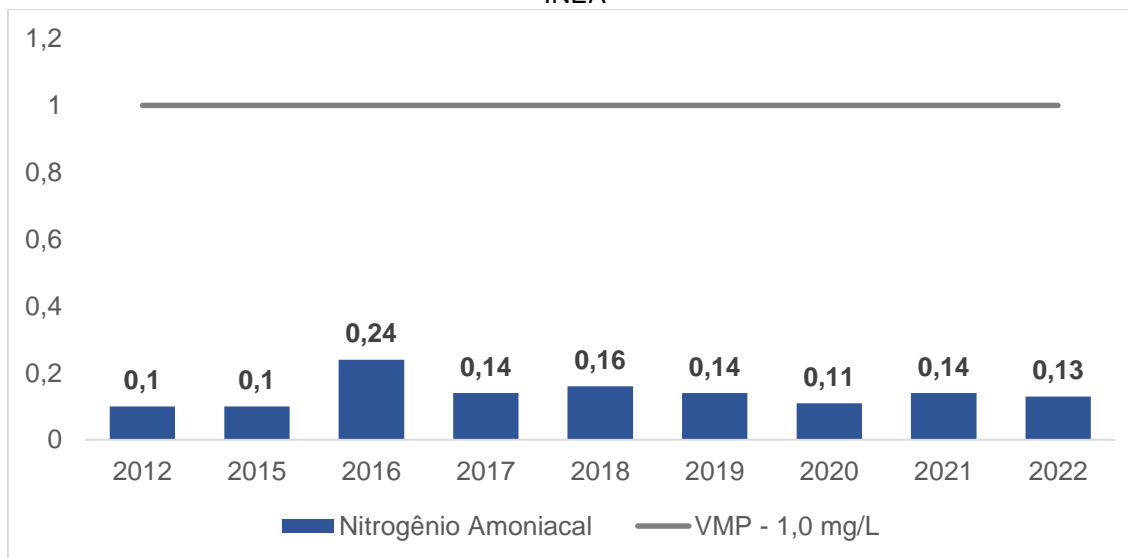
do pH de 8,31, o que ocasionou a redução do parâmetro legal para faixa de 1 mg/L para o nitrogênio amoniacal.

Gráfico 7 - Média de nitrogênio amoniacal dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



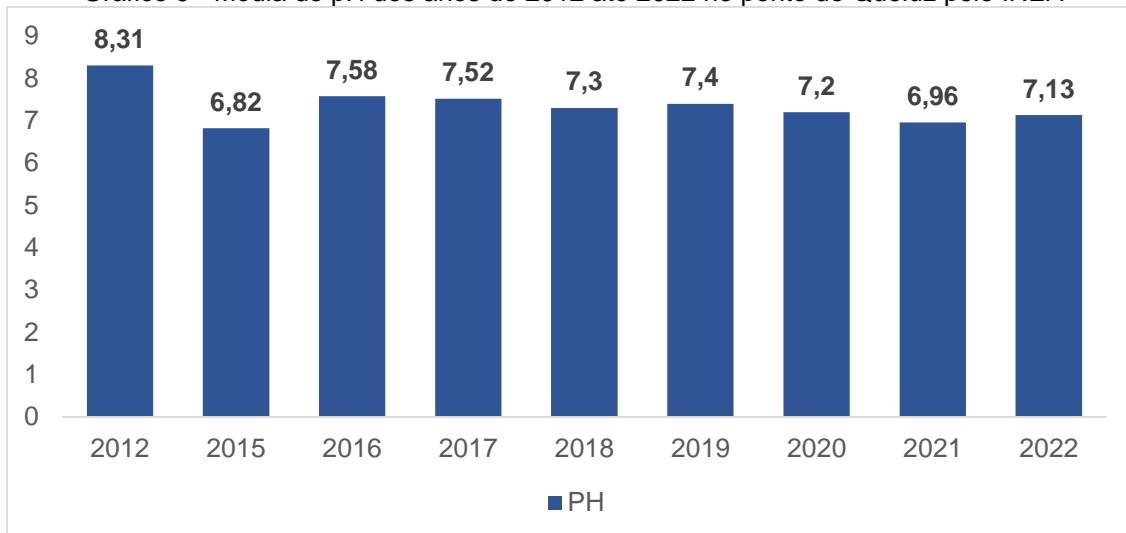
Fonte: A autora, 2023

Gráfico 8 - Média de nitrogênio amoniacal dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

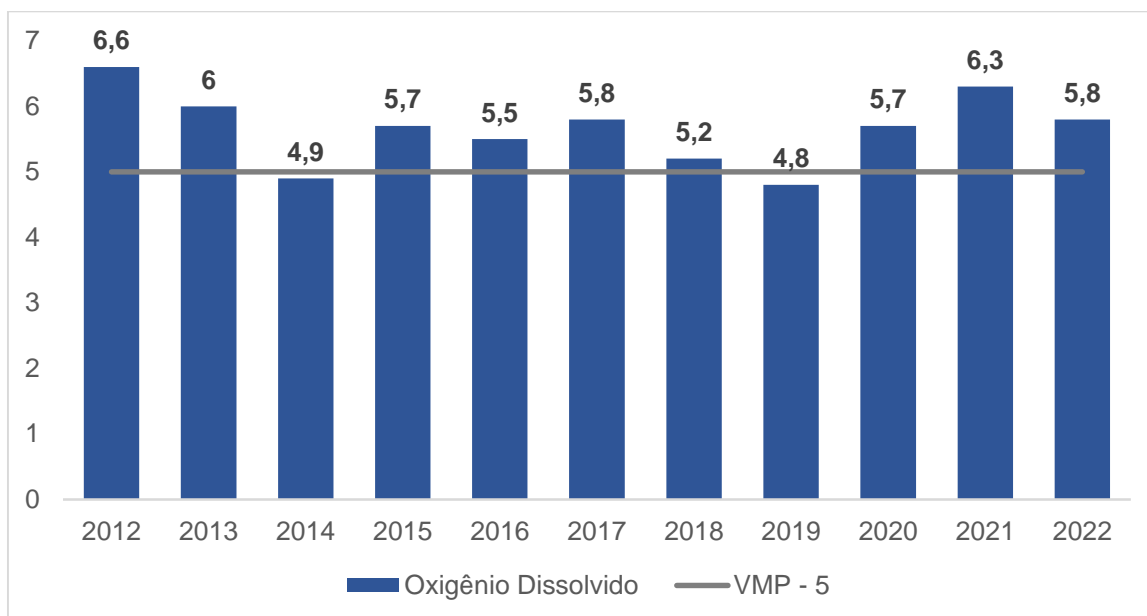
Gráfico 9 - Média de pH dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

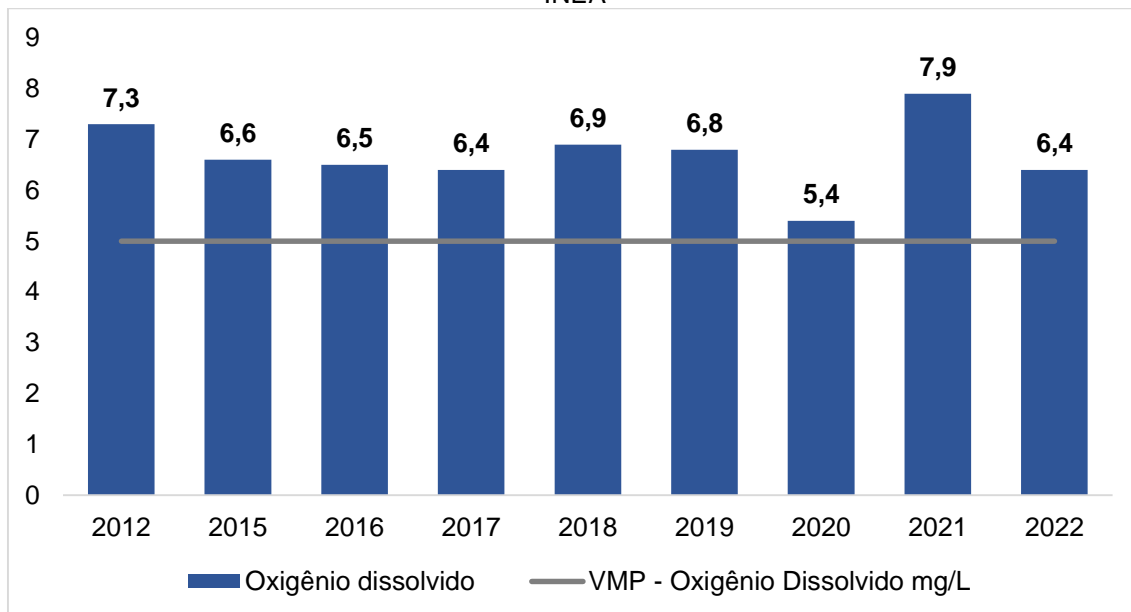
O gráfico 10 apresenta os valores de oxigênio dissolvido nos anos de 2012 até 2022 em Queluz, segundo a CONAMA nº357/2005 para água doce de classe II esse parâmetro deve estar acima de 5 mg/L. Desta forma, apenas os anos de 2014 e 2015 apresentavam valores abaixo. Em 2014, na região da Baía Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul foi um ano de estiagem, o que pode ter contribuído para redução do oxigênio dissolvido.

Gráfico 10 - Média de oxigênio dissolvido dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

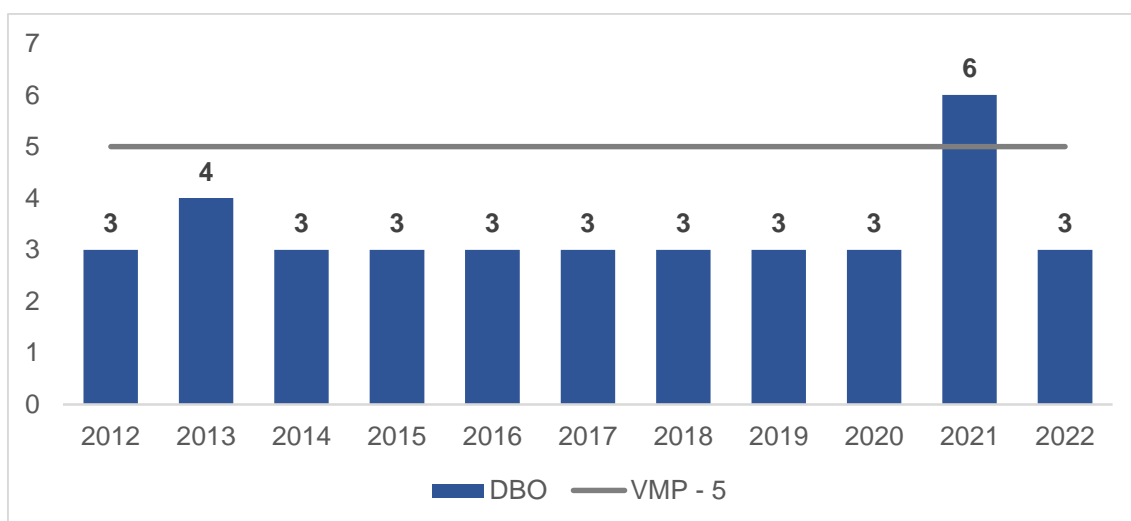
Gráfico 10: Média de oxigênio dissolvido dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

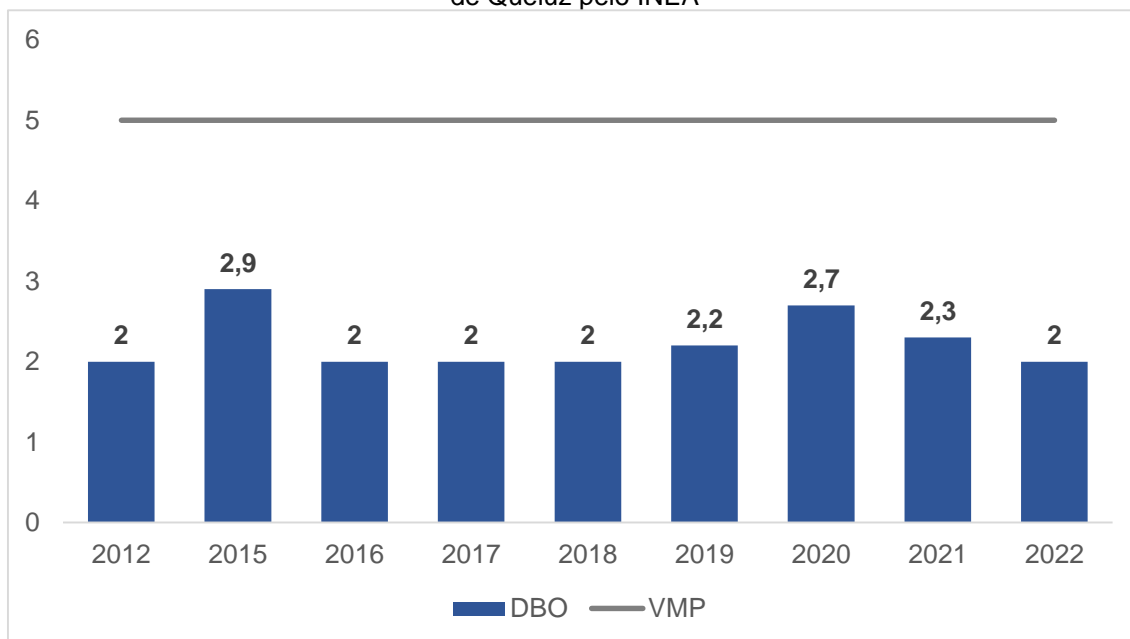
Conforme os gráficos 11 e 12 que mostram o compilado do parâmetro de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. Foi observado que apenas o ano de 2021 apresentava um valor acima do permitido para o dado da CETESB, enquanto pelo monitoramento do INEA, o parâmetro permaneceu dentro do permitido. Uma das maiores causas da DBO elevada é o despejo de fontes orgânicas no corpo hídrico.

Gráfico 11 - Média de Demanda Bioquímica de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 12 - Média de Demanda Bioquímica de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



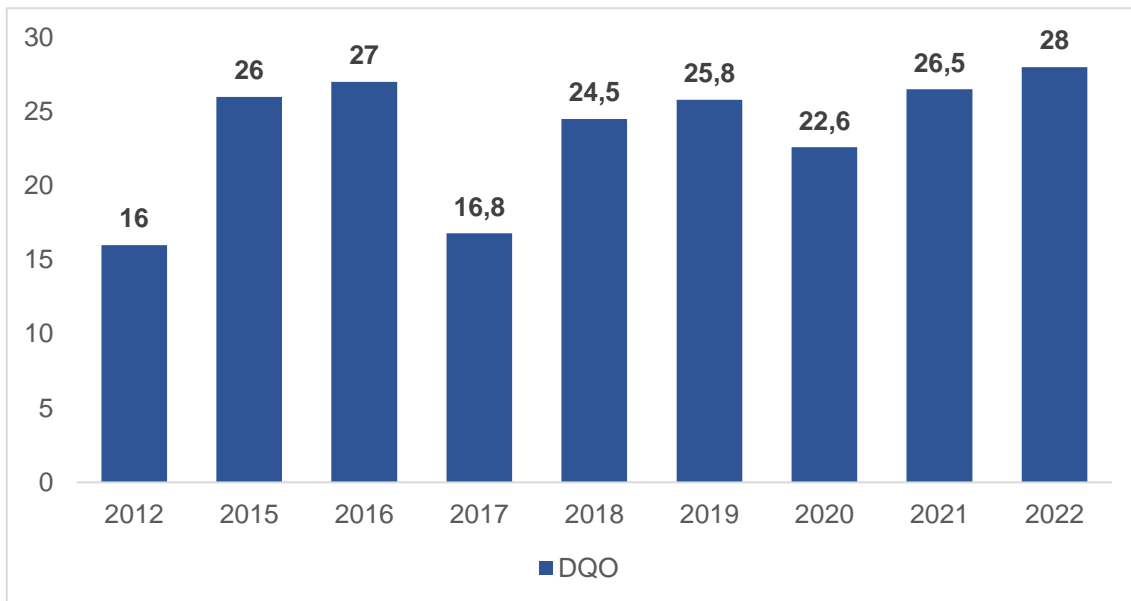
Fonte: A autora, 2023

No relatório de 2021 da CETESB, Queluz apresentava no seu perímetro urbano 11308 habitantes, sendo que 75,7% de todo esgoto possuía coleta e tratamento no município de Queluz. O saneamento básico é o fator predominante nas condições de parâmetros elevados.

Apenas o ano de 2021, nos dados da CETESB, apresentava média acima do valor máximo permitido, porém como o órgão não apresentou todos os dados mensais e apenas as médias nos relatórios, não foi possível verificar quais os mês que ficaram acima do permitido.

O gráfico 13 representa todas as análises realizadas pelo INEA nos anos 2012 a 2022.

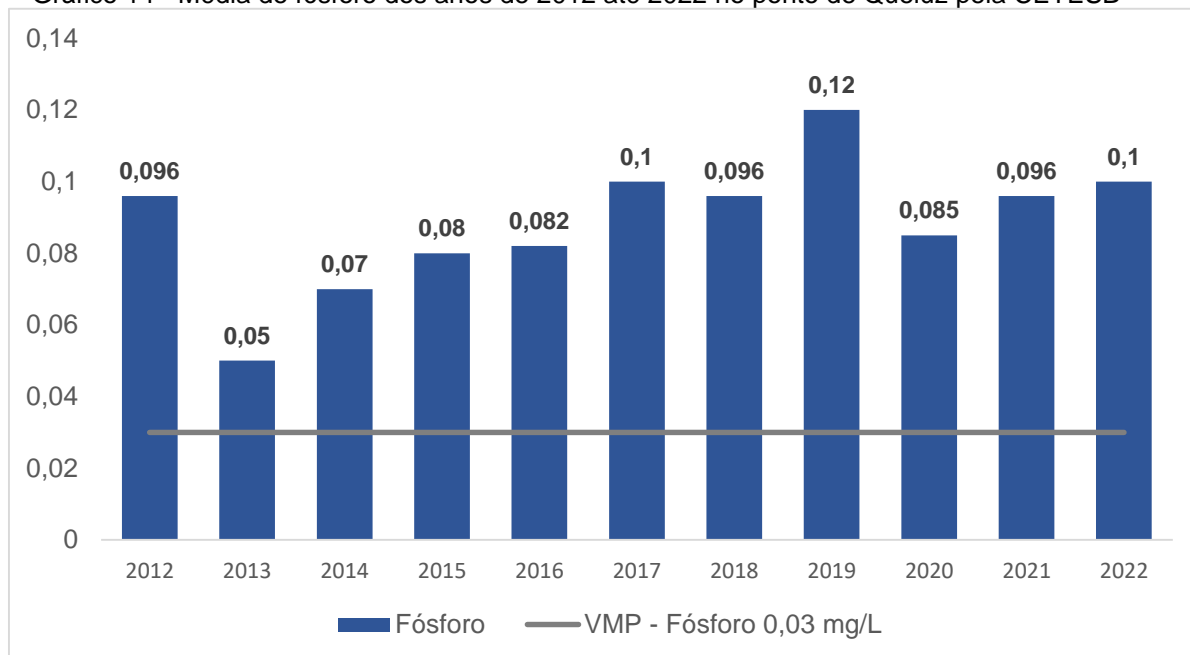
Gráfico 13 - Média de Demanda Química de Oxigênio dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

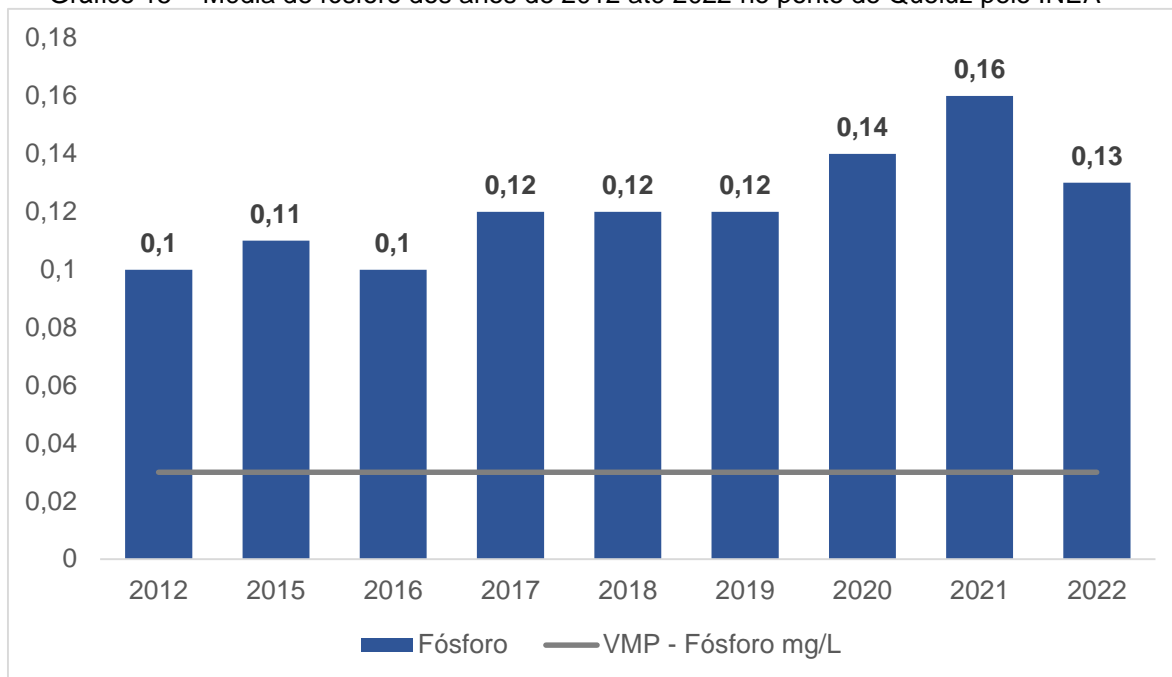
Um dos parâmetros determinantes do processo de eutrofização é a presença de fósforo no corpo hídrico, onde o valor máximo permitido é 0,03 mg/L. Como é notório, os gráficos 14 e 15 mostram que a média em todos os anos para o parâmetro de fósforo ficou acima do valor permitido, que pode ser um fator importante contribuidor do processo de eutrofização.

Gráfico 14 - Média de fósforo dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

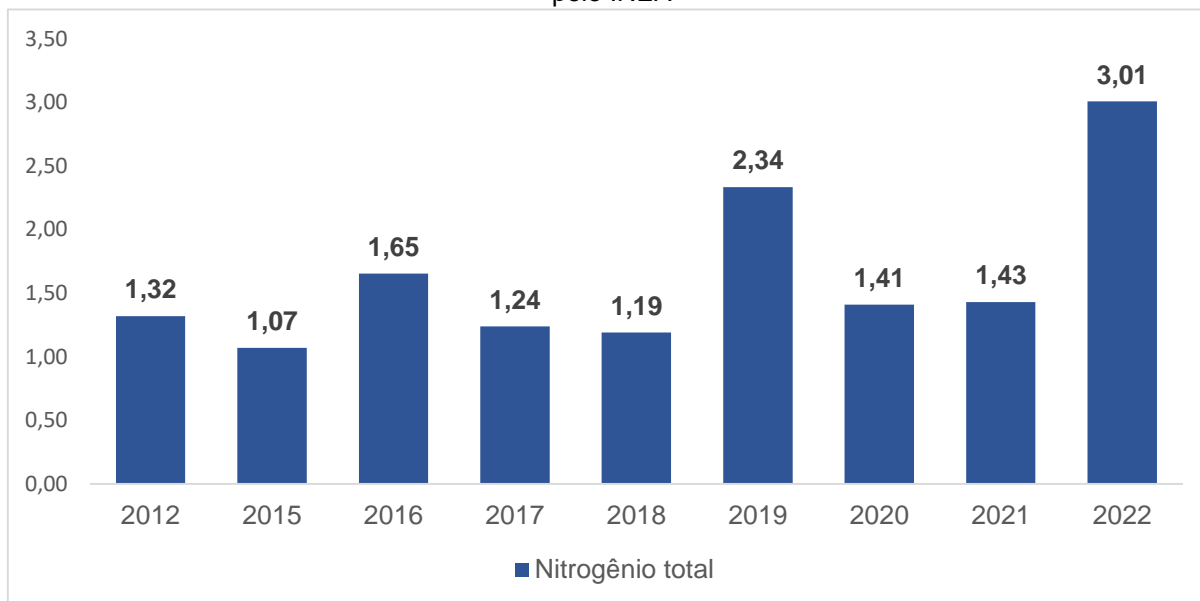
Gráfico 15 - Média de fósforo dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora; 2023

Outro nutriente que faz parte do processo de eutrofização é o nitrogênio total, que pode ser encontrado em diversas formas na natureza, elas são: nitrogênio orgânico na forma dissolvida, nitrogênio molecular, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato (LIBÂNIO, 2010). Ao analisar os dados, foram encontrados problemas, pois a CETESB não apresentou os dados para esse parâmetro, assim como não apresentou todos os dados necessários para o cálculo do nitrogênio total kjeldahl, que é o somatório de nitrogênio amoniacal e orgânico, nitrato e nitrito. Desta forma, não foi possível realizar a comparação. No gráfico 16 foi realizado o cálculo para os anos que o INEA disponibilizou todos os parâmetros necessários. Conforme o CONAMA 357, para ambientes lênticos, o nitrogênio total não pode ultrapassar o valor de 1,27 mg/L, pode-se observar que quase todos os anos as médias foram maiores que o valor máximo permitido.

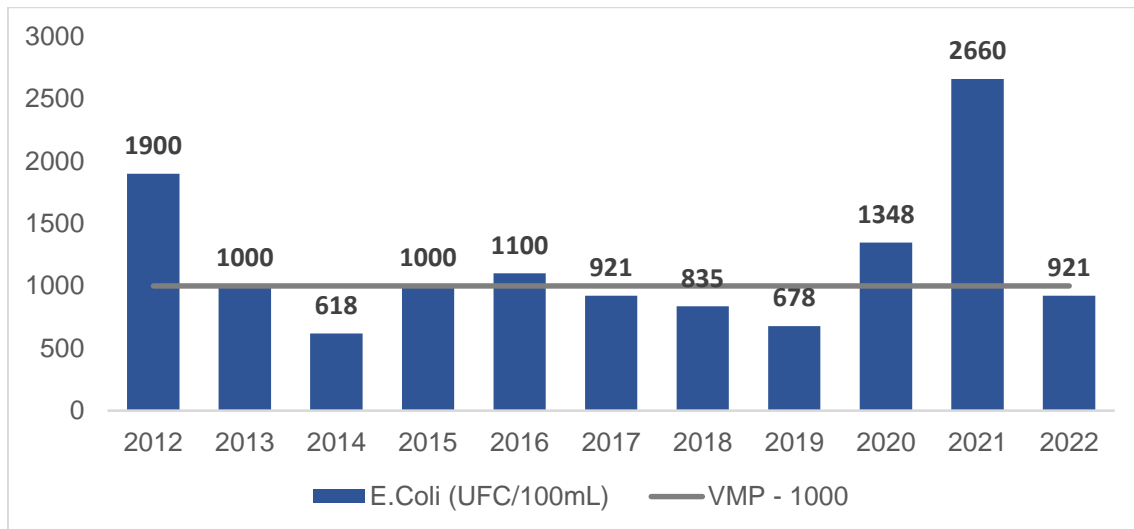
Gráfico 16 - Média de nitrogênio total Kjeldahl dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



Fonte: A autora, 2023

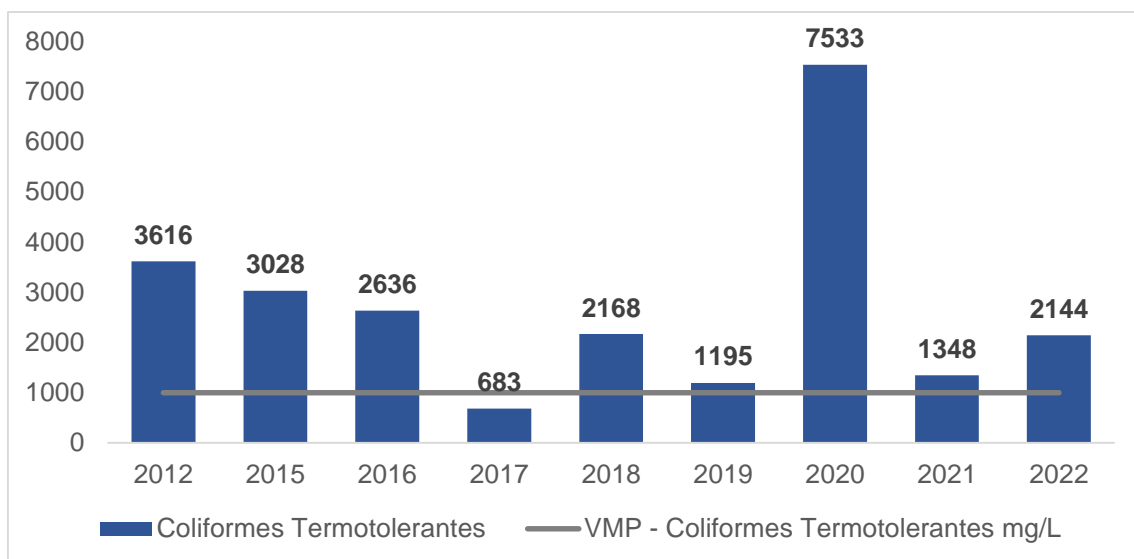
Os dados da CETESB presentes nos gráficos 17 e 18 mostram que o parâmetro de coliformes termotolerantes, ficaram acima do permito pela CONAMA 357/2005 nos anos 2012, 2016, 2020 e 2021, sendo que 2021 apresentou a maior média, que pode é associado ao lançamento de efluentes sanitários. Enquanto no monitoramento do INEA, o ano de 2020 apresentou um elevado valor do parâmetro de coliformes termotolerantes. Esse parâmetro mostra a presença de bactérias no corpo hídrico. O ponto monitorado pelo INEA que foi comparado com o da CETESB fica a jusante da parte urbana da cidade de Queluz, o que justifica os valores elevados de coliformes termotolerantes.

Gráfico 17 - Média de Coliformes termotolerantes dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pela CETESB



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 18 - Média de Coliformes termotolerantes dos anos de 2012 até 2022 no ponto de Queluz pelo INEA



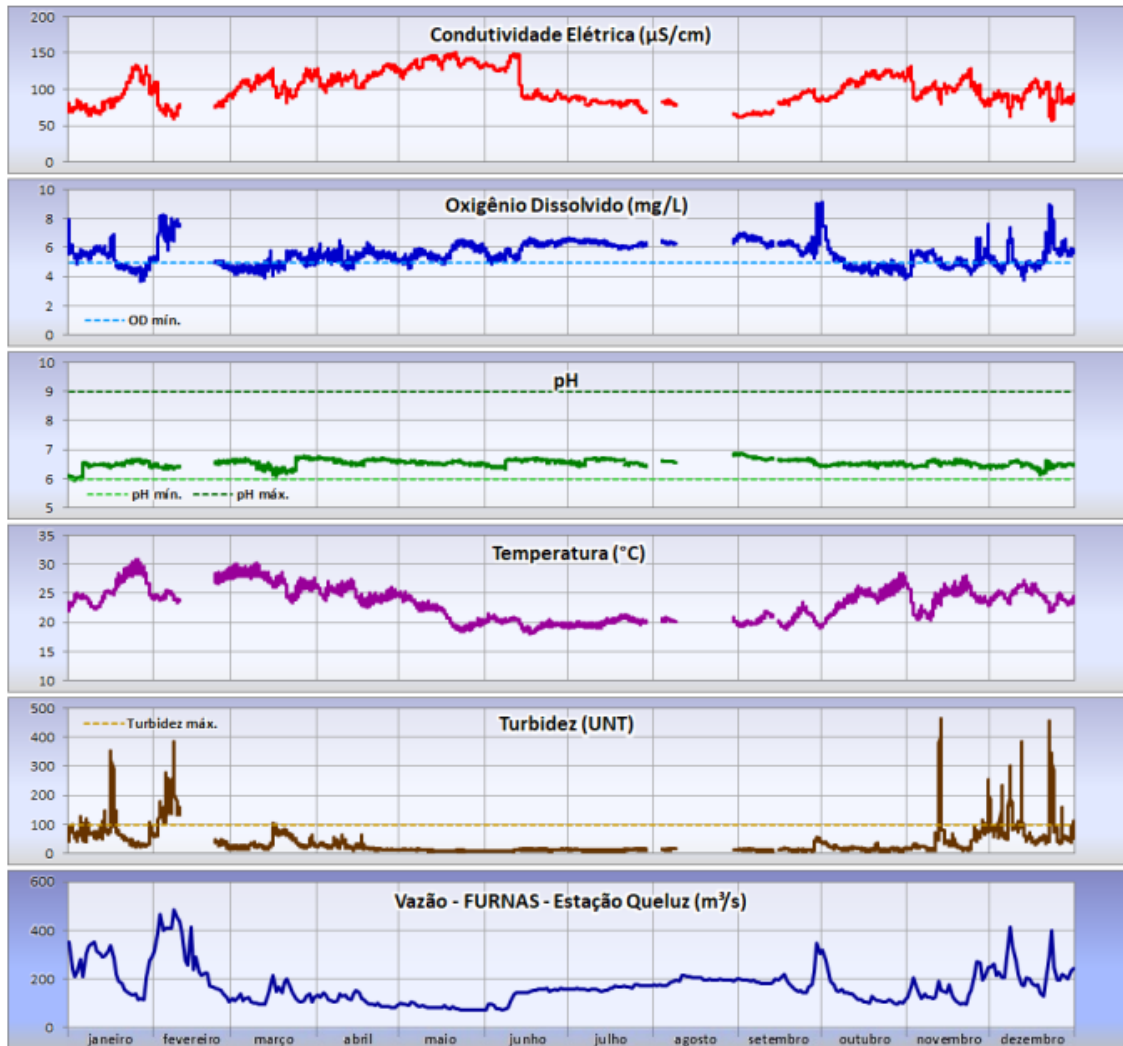
Fonte: A autora, 2023

A CETESB em 2022 apresentava no seu relatório de monitoramento os dados mensais, sobre o ano de 2021, sobre o ponto de Queluz, última cidade antes do rio Paraíba do Sul entrar no território do Rio de Janeiro. Na Figura 10, pode-se observar os parâmetros mensalmente e acompanhar os eventos críticos da região. Em 2021, os parâmetros de pH, oxigênio e condutividade elétrica atenderam os valores de qualidade para corpos hídricos classe II, enquanto a turbidez apresentava nos meses janeiro, fevereiro, novembro e dezembro picos

mais altos, que coincidiram com os picos de vazão, que indicam que vem ocorrendo a lixiviação do solo da bacia ocasionados pela precipitação.

Os dois pontos acima discutidos sobre Queluz, que foram monitorados pela CETESB e pelo INEA, são pontos que possuem distância de quase cinco quilômetros, sendo que o ponto do INEA fica a jusante do despejo do esgoto da população de Queluz. Como falado anteriormente, 24.3% de todo o esgoto da área urbana de Queluz, não é coletado e conseqüentemente não recebe tratamento. Sendo um fator de grande influência para os dados do INEA terem apresentado sempre valores maiores que os dados da CETESB. Outro ponto importante, é que o ponto de coleta da CETESB é após a Hidrelétrica instalada em Queluz, ou seja, a represa de Queluz assim como a represa de Funil são importantes para a diluição da concentração dos parâmetros que contribuem com o processo de eutrofização, principalmente Nitrogênio, fósforo e matéria orgânica.

Figura 10 - Parâmetros mensais de Queluz no ano de 2021 monitorados pela CETESB



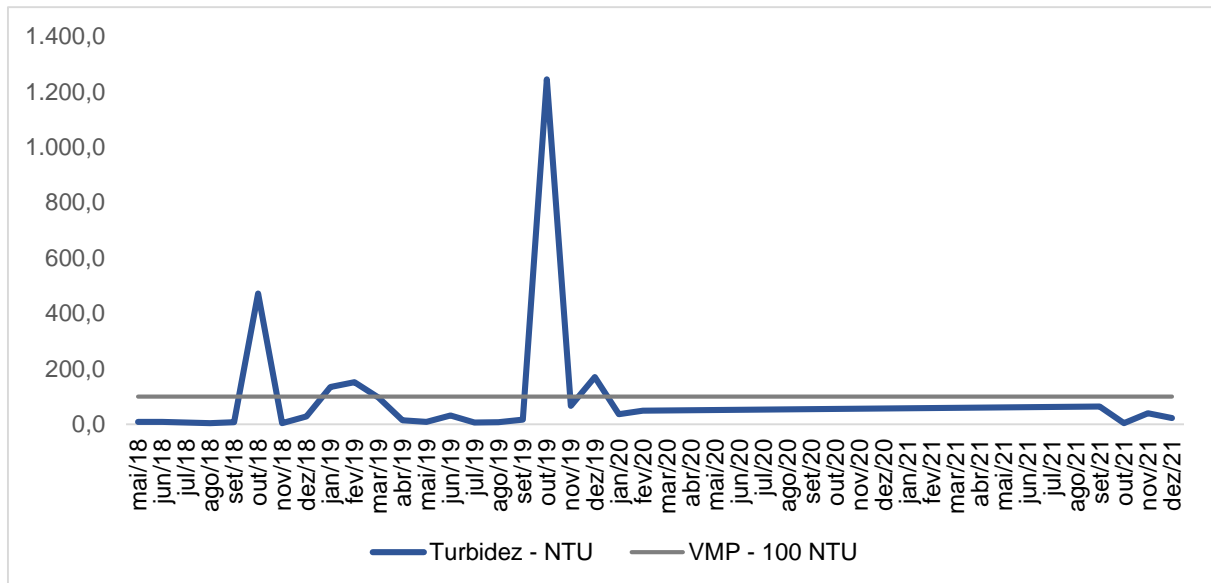
Fonte: CETESB, 2022

4.2.1.2. Análise comparativa entre Funil e INEA

Funil apresenta análises bimestrais e o INEA, análises mensais. Tanto o INEA quanto Funil, não foram encontrados os resultados completos dos anos de 2018 até 2020, ficando uma lacuna em aberto sobre o processo de monitoramento. Nesse momento, serão apresentados os gráficos de 19 a 28 que mostram o comparativo de Funil e INEA.

A turbidez é um dos parâmetros que podem sofrer influência em períodos chuvosos, pois ocorre a diluição. Observa-se que em outubro de 2019 e outubro de 2018 apresentaram pico no parâmetro de turbidez, enquanto 2020 que foi um ano com chuvas intensas, apresentou valores menores se comparado as campanhas anteriores, conforme o gráfico 19.

Gráfico 19 - Turbidez do ponto FN150 do INEA



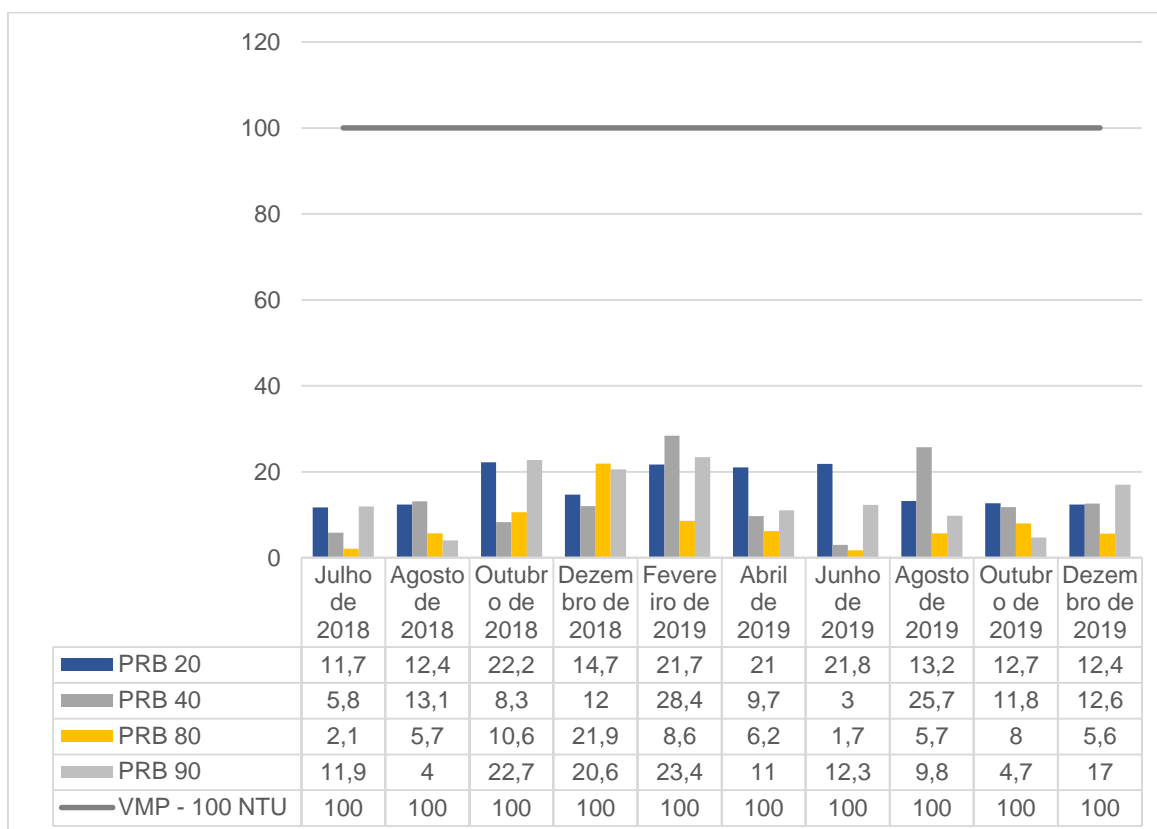
Fonte: A autora, 2023

Com relação aos pontos monitorados no Funil, o PRB 90 que é o ponto de monitoramento após a represa, apresentou os valores menores com relação aos demais pontos na maioria dos meses e anos, isso mostra o quanto a represa funciona como um diluidor de poluentes.

Um fator interessante, é que os pontos FN150 e PRB 80 são próximos, e observando os gráficos 19 e 20, é notório a discrepância de resultados. Na análise do Funil, outubro de 2018 representou uma turbidez de 10,6 UNT, enquanto o mesmo mês representou na análise do INEA 478 UNT. O mesmo acontece em outubro de 2019, porém o ponto PRB 80 com valor de 8 UNT e FN150 com valor de 1245 UNT. A diferença dos resultados pode ser ocasionado pela presença de chuvas, pois ocorre o desprendimento de solos e aumenta a turbidez.

Outro ponto importante, é que os valores de turbidez da entrada e saída do reservatório apresentaram uma diminuição considerável em alguns anos, como outubro de 2019 que teve uma redução do parâmetro em 37%. Existem vários fatores que podem ter reduzido o parâmetro de turbidez, como poluentes, não ocorrências de chuvas, entre outros.

Gráfico 20 - Pontos de monitoramento de funil para turbidez



Fonte: A autora, 2023

No gráfico 21, observou-se as campanhas de monitoramento de fósforo para os 4 pontos em questão. O ponto que marca a entrada do reservatório do Funil apresentou valores mais baixos com relação aos demais resultados, porém sendo um ponto de alerta para agosto de 2018. O ponto PRB 40, que é o meio do reservatório, apresentou o maior resultado de fósforo com 1,48 mg/L, porém tanto o PRB 80 e 90, que marcam a saída do reservatório e pós reservatório, respectivamente, apresentaram o valor de 0,06 mg/L mostrando uma diminuição do parâmetro de fósforo.

Em 2018, o reservatório do Funil apresentou o volume de água abaixo do ideal, sendo marcado por meses sem chuva, como agosto e setembro. O parâmetro do fósforo em alta concentração pode causar a proliferação de algas em grandes quantidades, fazendo parte do processo de eutrofização. Ressalta-se que quanto maior é a proliferação de algas, maior é o esgotamento de oxigênio para as espécies aquáticas do rio Paraíba do Sul.

No gráfico 22, foram apresentados os valores de fósforo monitorados pelo INEA, infelizmente, não foram encontrados os dados de outubro de 2018, agosto

de 2019 e fevereiro de 2020, o que impossibilita o comparativo entre os dados do INEA e Funil, entre todos os meses monitorados, apenas maio e junho de 2018, apresentaram valores inferiores ao valor máximo permitido. Observa-se que setembro de 2018 apresentou um valor de 1,02 mg/L, próximo ao valor de agosto de 2018 para o ponto PRB 40. O ponto FN136 apresentou em novembro de 2019 o valor de 0,09 mg/L e dezembro de 2019 0,04 mg/L, lembrando que esse ponto representa a entrada do reservatório e FN140 para os mesmos meses apresentou as concentrações de 0,08 mg/L e 0,18 mg/L respectivamente.

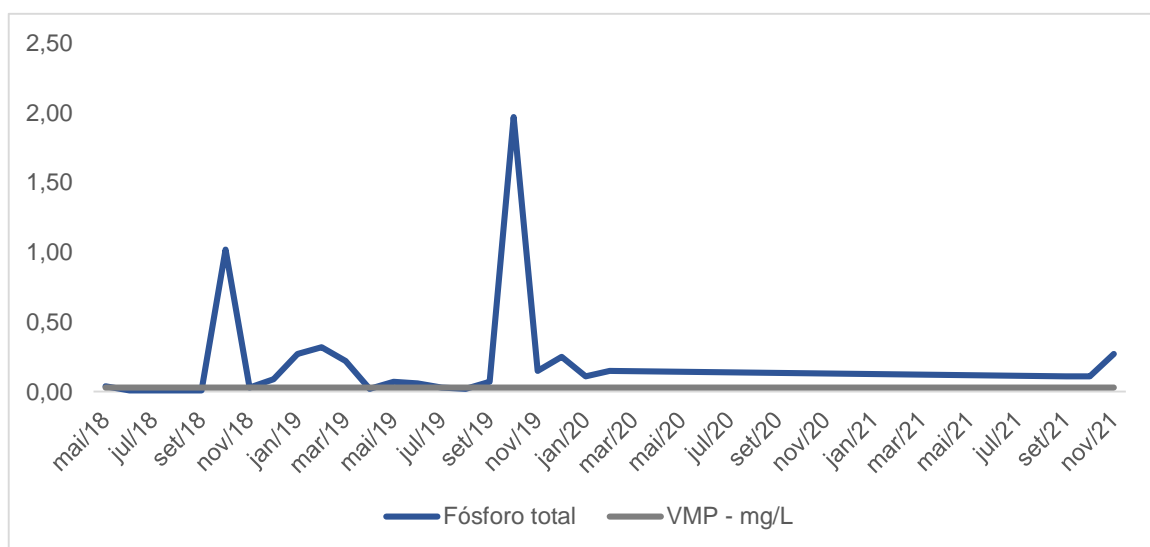
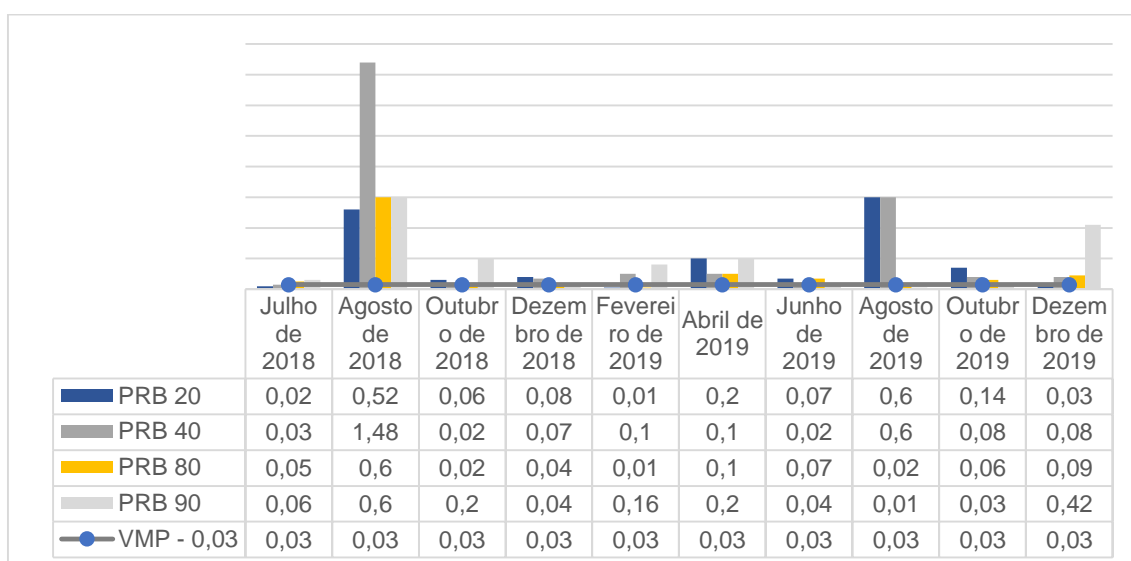


Gráfico 21 - Campanha de monitoramento de Funil para fósforo

Fonte: A autora, 2023

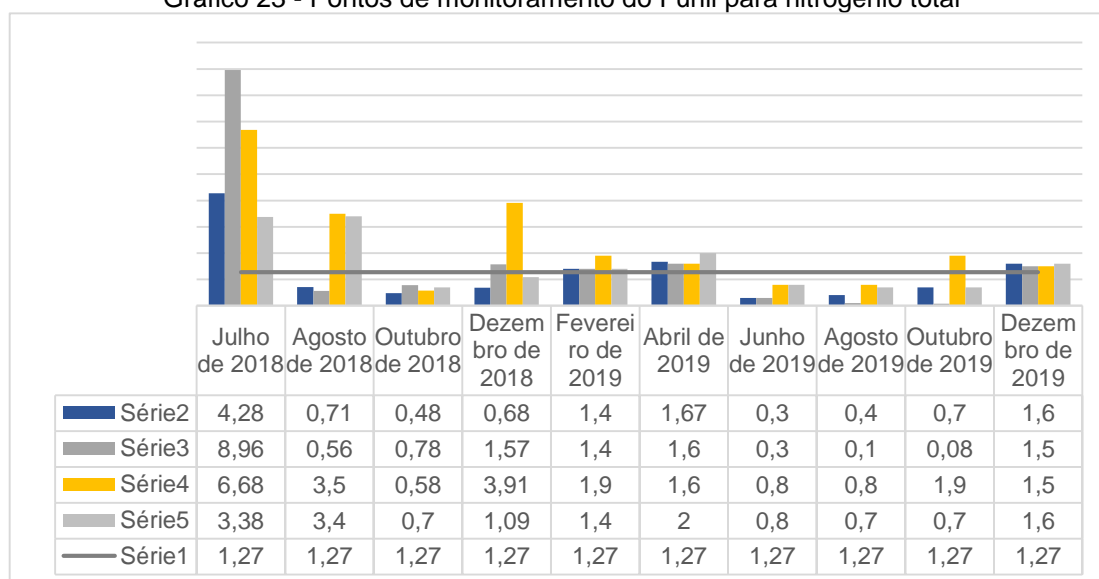
Gráfico 22 - Ponto FN150 do INEA para fósforo



Fonte: A autora, 2023

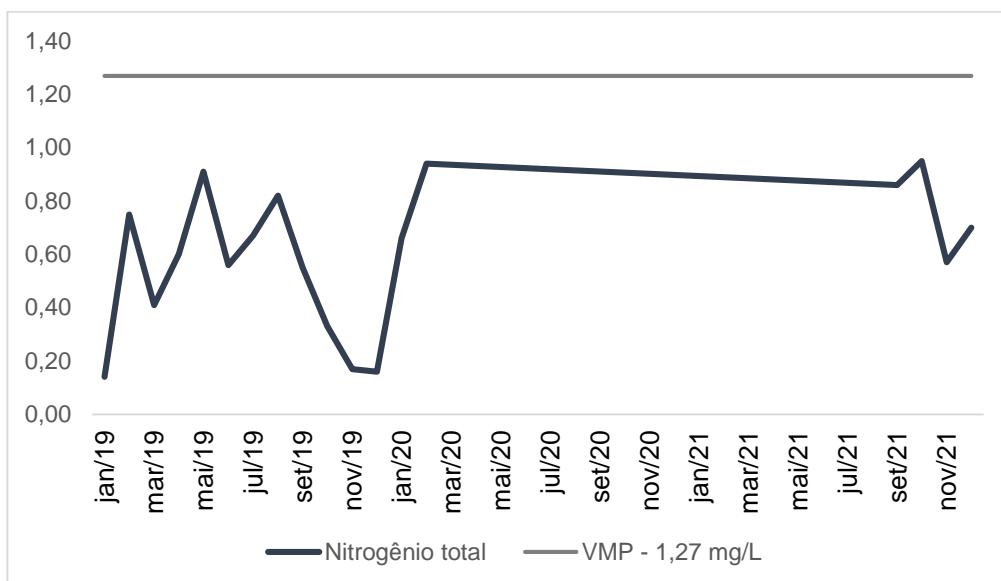
O parâmetro de nitrogênio total e fósforo juntos podem causar o processo de eutrofização em corpos hídricos, como o rio Paraíba do Sul. Conforme falado anteriormente, o nitrogênio total não possui parâmetro determinado para corpos hídricos classe 2, porém em ambientes lênticos, como os reservatórios, o valor máximo permitido é de 1,27 mg/L. Sendo assim, como podemos observar, para todos os pontos levantados no gráfico 23, em maio de 2018, dezembro de 2019 e fevereiro de 2020, os resultados foram acima do valor máximo permitido. O ponto PRB 80, que é na saída do reservatório, apresentou em fevereiro de 2020, o valor de 15,4 mg/L, sendo superior a concentração do mesmo parâmetro na entrada do reservatório. No ponto FN150 do INEA, não apresentava o monitoramento do nitrogênio total, por isso foi realizado o cálculo do nitrogênio total kjeldahl, que é o somatório do nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal. Conforme o gráfico 24, todos os resultados ficaram abaixo do valor máximo permitido.

Gráfico 23 - Pontos de monitoramento do Funil para nitrogênio total



Fonte: A autora, 2023

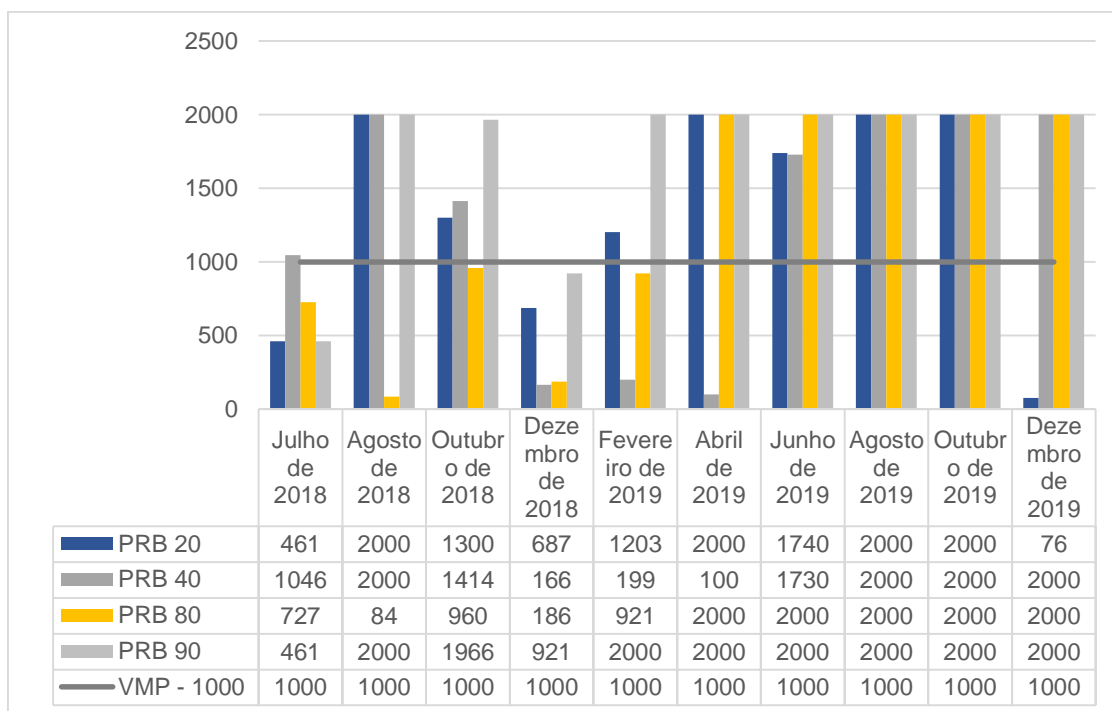
Gráfico 24 - Ponto FN150 do INEA para nitrogênio total Kjeldahl



Fonte: A autora, 2023

No gráfico 25 é demonstrado que a maioria dos meses de monitoramento apresentaram valores acima do permitido para coliformes totais, porém não para todos os quatro pontos, possivelmente, ao longo desses quatro pontos existem lançamentos de esgoto sanitário, o que provocou essa diferença. O ponto FN150, apenas janeiro de 2020 apresentou um valor acima do permitido.

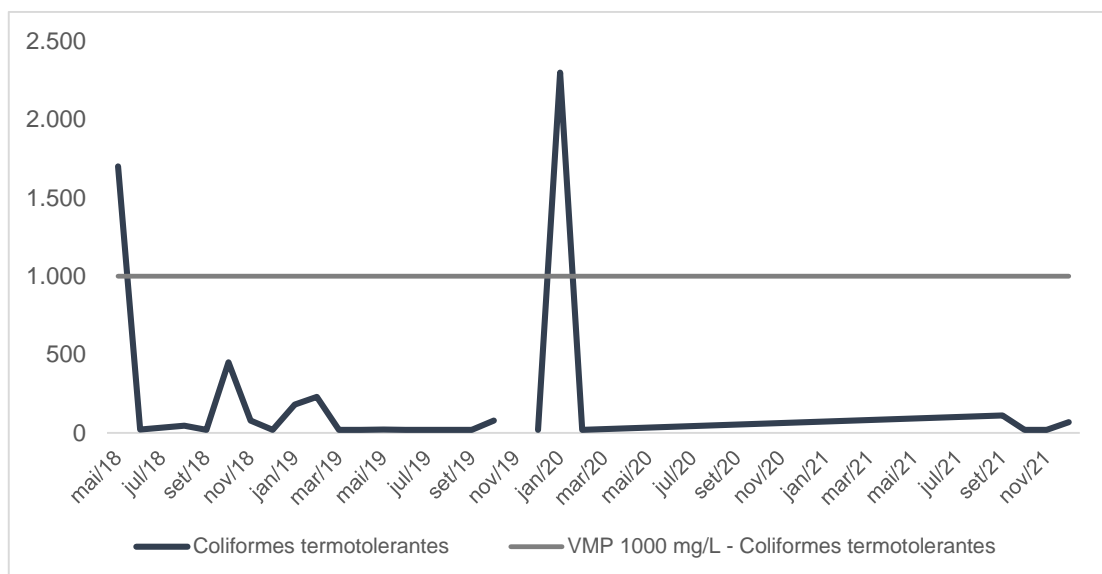
Gráfico 25 - Pontos de monitoramento do Funil para coliformes totais



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 26 - Pontos de monitoramento do Funil para coliformes termotolerantes

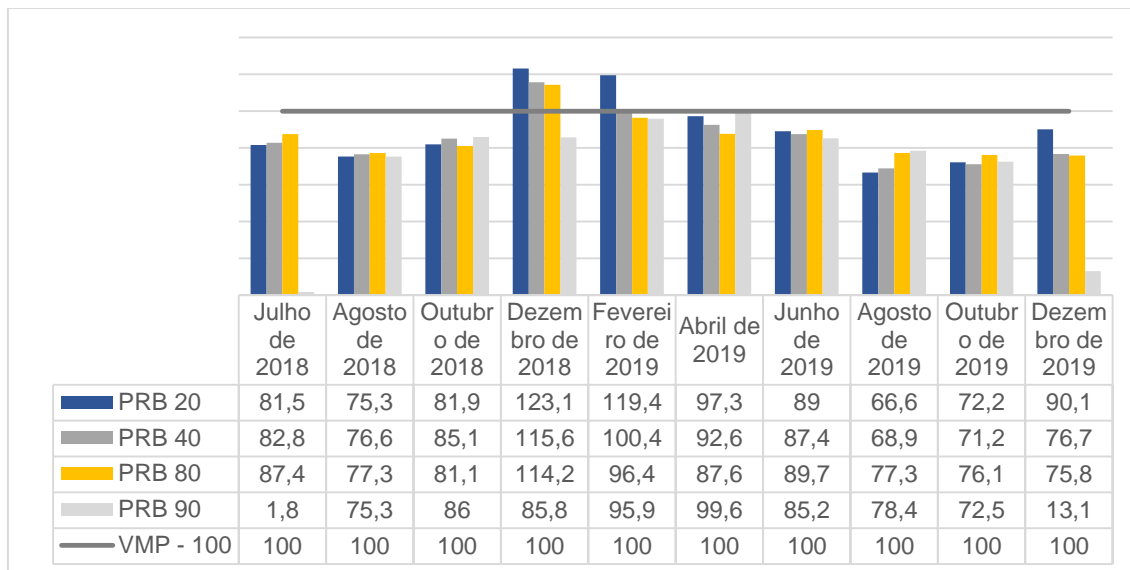
Fonte: A autora, 2023



O parâmetro de condutividade permite determinar a presença de sais na água. Como já relatado mais acima, a condutividade não possui parâmetro definido na CONAMA 357/2005, mas alguns autores, como Queiroz et al (2017) e Libânio (2010), que a condutividade acima de 100 uS pode indicar a presença de poluentes.

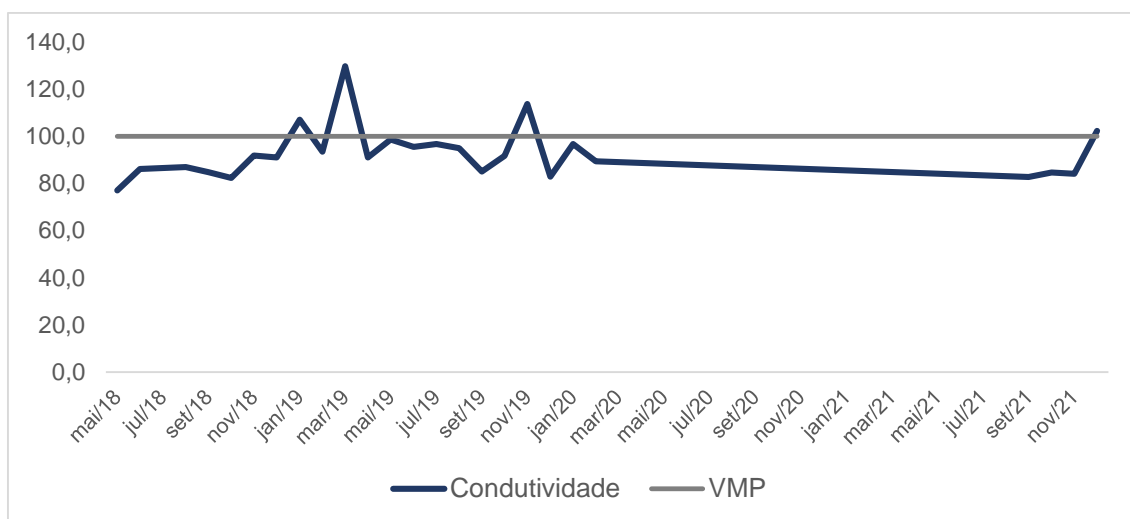
O gráfico 27 mostra os resultados de monitoramento de Funil onde dezembro de 2018 e fevereiro de 2019 apresentou valores acima de 100 uS. Enquanto no monitoramento do INEA, fevereiro e novembro de 2019 ficou acima de 100 uS/cm.

Gráfico 27 - Monitoramento do Funil para condutividade



Fonte: A autora, 2023

Gráfico 28 - Monitoramento do INEA para o ponto FN150 - condutividade



Fonte: A autora, 2023

Ao final da análise dos dados, pode se observar uma divergência grande entre os órgãos ambientais e os relatórios da empresa do Funil, pontos próximos ou similares como uma discrepância dos resultados. Vale ressaltar que as análises não foram coletadas no mesmo dia, mas a grande maioria no mesmo mês. O que pode ter ocasionado essa diferença é a influência de fatores externos, como períodos de chuvas ou secas, desprendimento de solo e lançamento de efluentes sanitários. No quadro 19, pode se observar, anualmente os valores das chuvas (mm) presentes na cidade do Rio de Janeiro, para os anos de 2016 a 2020.

Quadro 19 – Resultados de precipitação nos anos de 2016 a 2020, na cidade de Resende

| MESES | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 | 2016 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Janeiro | 186,8 | 139,6 | 191,2 | 207,4 | 426,2 |
| Fevereiro | 333 | 193,2 | 251 | 75 | 172,6 |
| Março | 251,8 | 75,8 | 208,8 | 161,2 | 254,4 |
| Abril | 20 | 157 | 122,6 | 57,4 | 25 |
| Mai | 43,8 | 89,6 | 26,6 | 55,8 | 11 |
| Junho | 12,8 | 17,2 | 44,6 | 17,8 | 115,6 |
| Julho | 4,8 | 5,8 | 21,2 | 10,4 | 1,6 |
| Agosto | 19,4 | 51,4 | 64,6 | 46 | 11,2 |
| Setembro | 54,6 | 80,6 | 57,4 | 29 | 22,8 |
| Outubro | 63,8 | 137,4 | 107 | 60,6 | 81 |
| Novembro | 192 | 171,6 | 259,8 | 174,2 | 370 |
| Dezembro | 557 | 179,8 | 115,2 | 161,8 | 174,4 |

Fonte: INMETRO, 2023 adaptado pela Autora, 2023

Com relação ao parâmetro de condutividade, foi observado que a média anual entre eles ficaram similares, Porém em 2022, houve uma divergência entre esses pontos. Isso pode ter acontecido como resultado do lançamento de efluentes sanitários de Queluz, que fica logo após o ponto monitorado pela CETESB, o que gerou um teor de sais maior no corpo hídrico. Outros dois parâmetros que apresentam um resultado importante para análise desse trabalho é o fósforo e o nitrogênio, como foi observado todos as médias anuais de fósforo ficaram acima do valor máximo permitido para corpos hídricos classe II, conforme o CONAMA 357.

Porém o outro parâmetro importante que é o nitrogênio total, não foi fornecido pelos órgãos ambientais, sendo uma falha no processo de monitoramento. O INEA possuía algumas informações que facilitaram o cálculo

de nitrogênio total kjeldahl, onde o valor ficou acima do considerável adequado para o corpo hídrico do estudo. Por último, a maioria dos anos apresentaram médias de coliformes termotolerantes para esses dois pontos acima do valor máximo permitido.

Com relação aos pontos monitorados pelo INEA e pela Empresa de Funil, observa-se que possui algumas dificuldades maiores de comparação, visto que, o INEA estabelece 4 pontos de monitoramento, mas apenas 2 possuem dados mais precisos, embora sempre fique alguns parâmetros em aberto todos os meses. O ponto FN150 e PRB 80 representa a saída da represa do Funil, e embora sejam próximos, existem várias discrepâncias nos seus resultados, como por exemplo a turbidez em outubro de 2019 no ponto FN150 que ficou acima de 1000 NTU. Isso pode ter ocorrido pela presença de chuvas fortes um dia antes ou no dia da coleta, que levou o desprendimento de material sedimentoso do fundo do reservatório ou das margens. Em outubro de 2019, conforme o quadro 19, observa-se, que entre todos os anos de monitoramento avaliados na dissertação, foi o mês que mais teve chuva. Porém não foi possível avaliar exatamente o dia da coleta entre Funil e INEA, para afirmar que foi influência da chuva. Além disso, o fósforo apresentou resultados em todos os pontos acima do valor máximo permitido, enquanto o nitrogênio total nos pontos monitorados por Furnas, apresentou em 2018 valores acima e no ponto FN150 os valores ficaram abaixo. A mesma coisa aconteceu no parâmetro de coliformes termotolerantes.

Na próxima seção foram apresentados os programas de reflorestamento da licença da Empresa de Furnas para operar a hidrelétrica instalado na cidade do Rio de Janeiro, todos os programas serão aqueles voltados para a questão hídrica.

4.2.2. Programa de reflorestamento e revegetação da área de preservação permanente do reservatório

O programa foi exigido na condicionante específica nº 2.1 da licença de operação nº 1079/2012, contemplando ações voltadas para o reflorestamento das margens do reservatório, sendo dividido em um subprograma: Subprograma de fomento ao reflorestamento em propriedades do entorno do reservatório.

4.2.2.1. Subprograma de fomento ao reflorestamento e revegetação de áreas de preservação permanente do reservatório

Em agosto de 2016, a empresa de Furnas responsável pela represa do Funil entregou ao IBAMA, o relatório anual que contemplou as seguintes datas: junho de 2012 a junho de 2016. O relatório entregue teve como base o subprograma de Fomento ao reflorestamento em propriedades do entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil que integra ações que foram previstas no Plano Básico Ambiental de regularização da represa.

Em suma, o objetivo das ações executadas ao longo desses anos contemplados no relatório, era realizar o cadastramento dos proprietários ao entorno da Usina, bem como, sensibilizar os mesmos com relação a preservação da mata ciliar.

Essa primeira etapa do subprograma possibilitou criar uma base de dados geográficos obtidos através do cadastramento as propriedades e os interessados em plantio. Nessa etapa, foram gerados indicadores ambientais que consistiram em: indicar o grau de satisfação do público-alvo das ações ambientais; percentual de proprietários que possuem interesse ou não ao programa e análise comparativa dos dados obtidos.

Toda a metodologia da represa do Funil para o programa de reflorestamento, consistiu em entrevistas, cadastros e palestras ao público que possui propriedades ao entorno do reservatório de Funil. Através disso, foram realizados 142 cadastros que gerou os resultados apresentados no quadro 18 abaixo:

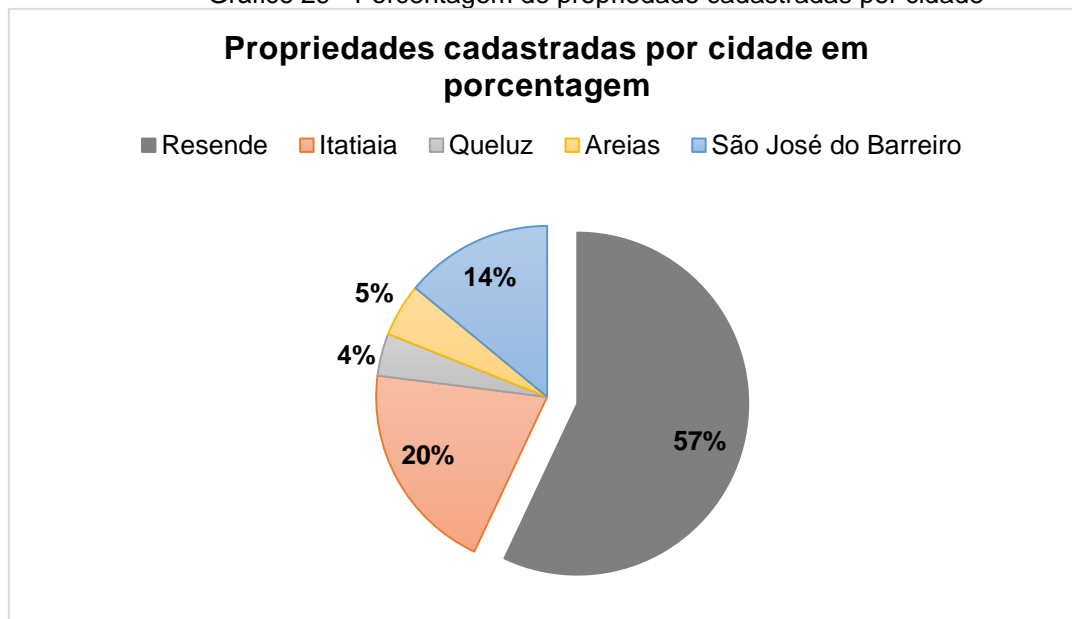
Quadro 18 - Quantitativo de cadastros das propriedades pela empresa do Funil

| proprietários contatados - % | intenção de aderir | sem intenção | não responderam | possui programas internos | predisposição à parceria | não predisposição à parceria ou não responderam | há |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|----|
| 142 | 74 | 45 | 22 | 1 | 32 | 110 | — |
| 100% | 52,11% | 31,69% | 15,49% | 0,70% | 22,54% | 77,45% | — |

Fonte: Relatório de 2016, Funil

A maioria das propriedades cadastradas nessa primeira etapa são encontradas no município de Resende, como pode-se verificar no gráfico 29:

Gráfico 29 - Porcentagem de propriedade cadastradas por cidade



Fonte: Relatório de 2016, Furnas

Como pode-se observar no quadro 18, 47,89% dos entrevistados não possuem interesses em aderir ao programa, onde no momento do cadastro foram apresentados motivos como: venda da propriedade, inventário, local arrendado, sem espaço para plantio, entre outros. Embora, a parte interessada seja maior e representa a porcentagem de 52,11%, uma parte significativa precisará de parcerias para realizar o programa.

Em 2017, após a entrega dos relatórios iniciais dos programas ambientais, ocorreu o Parecer 6/2017 do IBAMA com o intuito de apontar quais condicionantes haviam sido atendidas por completo, de forma parcial ou não aceitas pelo órgão federal. Sobre o subprograma de reflorestamento e revegetação da área de preservação permanente do reservatório foram abordados os seguintes pontos conforme a proposta entregue pós licença e os relatórios da primeira etapa:

- O mesmo está intimamente vinculado aos subprogramas: de recuperação de erosões e áreas degradadas e de revegetação de área de preservação permanente;
- Que deverão realizar contratações, convênios e parcerias com terceiros para executar as diversas etapas do subprograma;
- O parecer solicitou que apresentassem um cronograma para execução nos próximos 10 anos, além de cobrar ações efetivas

para que as gramíneas exóticas e invasoras não comprometam o processo de recuperação da área;

- Enviar relatórios semestrais ao IBAMA sobre o desenvolvimento das mudas ou o quantitativo de áreas recuperadas.

O subprograma foi apenas uma metodologia para cadastro e levantamento de dados. Por ser interligado aos outros programas, as ações de plantio partiram de outros relatórios e ações.

4.2.3. Programa de recuperação de áreas degradadas

O programa contempla ações voltadas para o monitoramento e recuperação de áreas degradadas, sendo dividido em dois subprogramas: Monitoramento de erosões e áreas degradadas; e recuperação de erosões e áreas degradadas.

4.2.3.1. Subprograma de recuperação de erosões e áreas degradadas

O foco desse subprograma é reabilitar as áreas degradadas por processos erosivos, buscando viabilizar as condições naturais do local. O subprograma buscou elaborar e implantar controles de erosão.

Inúmeros parâmetros foram criados como indicadores ambientais para determinar uma área com processo erosivo, os parâmetros foram: estabilidade da área recuperada; recuo da linha de margem; reingresso de erosão na área tratada; indica de cobertura vegetal; sobrevivência do plantio introduzido; sedimentação pontual; dissecação no talude marginal; mudança abrupta na geometria do talude marginal; formação de escarpas e fissuras no talude marginal; formação de degraus no talude marginal; presença de lóbulos de solo na base do talude marginal; surgimento de poças d'água na face do talude marginal; diferenciação rápida no desenvolvimento de vegetação; inclinação inesperada de árvores, postes e estacas nas imediações do talude marginal e surgimento de juntas ou planos de deslizamento.

O subprograma tem interligação com o programa de reflorestamento e revegetação da área de preservação permanente do reservatório, onde previu a recuperação de 322 hectares que foram distribuídos em: 100 hectares da APP (área de preservação permanente) destinados ao plantio de 200 mil mudas de

espécies arbóreas, 150 hectares da APP para regeneração natural e 70 hectares de fragmentos florestais remanescentes da APP destinados ao plantio de enriquecimento. As espécies para plantação foram do viveiro de Funil, sendo uma lista de 47 vegetações. Conforme o último cronograma entregue ao órgão federal, Funil prevê as atividades do subprograma dure até 2027.

4.2.3.2. Monitoramento de erosões e áreas degradadas

O subprograma de monitoramento previu a identificação das áreas da represa do funil, através da primeira etapa de cadastro dos proprietários, onde no momento da visita a propriedade, foi observado processos erosivos, contabilizando 99 áreas com erosão, sendo divididos em 9 diferentes classes de acordo com as especificações de cada sitio.

Não foram encontrados relatos do subprograma separadamente, pois o mesmo é interligado ao de recuperação de erosões, onde possuem cronograma até 2027.

4.3. Visita técnica

Nessa seção algumas informações foram extraídas em entrevista e não foram mencionadas anteriormente. Além dos pontos observados durante a visita técnica que ocorreu no dia 18 de fevereiro de 2022.

Com relação a visita técnica, foi possível coletar dados através do gestor da Usina, que disponibilizou informações como a existência de cronogramas diários de manutenção preventiva afim de assegurar a qualidade do funcionamento da Usina Hidrelétrica do Funil, como atividades para monitorar o volume, pressão, percolação de água no concreto e rocha. Outro ponto foi sobre a influência dos eventos críticos no funcionamento da Usina, uma vez que os períodos de chuvas causam problemas na manutenção da represa, carreando materiais para os equipamentos e causando erosões. Além disso, já foram relatadas paradas para manutenção corretiva para corrigir problemas causados pela qualidade hídrica.

Um ponto comentado, que é possível verificar na Figura 11, é que a represa apresentava pontos de eutrofização, sendo possível verificar no período da visita. Entretanto, de acordo com os programas ambientais estabelecidos na

licença de operação, nenhuma medida para amenizar essa questão são aplicados, apenas os monitoramentos de qualidade de água obrigatórios, que acabam evidenciando que em períodos de cheias, a matéria orgânica é diluída. Entretanto, a visita foi realizada em período de cheia, como mostra a figura 12, e mesmo assim existia esse ponto que representa um processo de eutrofização.

Figura 11 - Represa do Funil com a presença de ponto eutrofizado



Fonte: A autora, 2023

Figura 12 - Rio Paraíba após a represa do funil



Fonte: A autora, 2023

4.4. Plano de melhoria

Para o planejamento de melhorias na região do médio Paraíba do Sul que envolve a represa do Funil, foram analisados criticamente os resultados do programa de monitoramento da qualidade de água e do programa de reflorestamento, além dos dados dos órgãos estaduais de São Paulo e do Rio de Janeiro que fazem parte da gestão das águas que envolve o Rio Paraíba do Sul.

Como foi observado, os parâmetros de nitrogênio total, fósforo, condutividade e coliformes termotolerantes apresentaram valores acima do permitido. O aumento desses parâmetros significa o lançamento de poluentes no corpo hídrico e que para esse fator seja resolvido, será necessário a melhoria no sistema sanitário dos municípios, reduzindo a carga orgânica no corpo hídrico. Embora tenha observado que alguns parâmetros apresentaram redução na saída do reservatório, mostrando que a represa funciona como diluidora dos compostos orgânicos, a mesma ainda é prejudicada e apresenta o processo de eutrofização.

Como melhoria dos processos de monitoramento são necessárias as seguintes ações:

- Cronograma de coleta e análise dos parâmetros e todos os pontos estabelecidos, tanto INEA quanto CETESB e que sejam cumpridos todos os meses;
- Inclusão de parâmetros no cronograma de análise da CETESB como o nitrogênio total;
- Cobrança nos municípios para que sejam coletadas e tratadas 100% dos esgotos sanitários.

Devido a presença de parâmetros alterados, se faz necessário a proibição de pescas em pontos estratégicos. Desta forma, é possível proteger as populações ribeirinhas de qualquer contaminação cruzada, principalmente com fósforo, coliformes e nitrogênio total.

Com relação ao programa de reflorestamento, são encontradas várias lacunas. O programa conta com 322 hectares para reflorestamento, com previsão para conclusão até 2027, mas não foi encontrado um relatório com informações sobre o quanto o programa já foi atendido até o momento. Sendo assim, se faz necessário a melhoria na gestão do programa, buscando mais detalhes, parcerias e propriedades que possam aderir ao programa. Caso não seja possível, seria ideal solicitar o cumprimento da legislação que prever a faixa marginal de 100 metros de proteção. O programa de reflorestamento é ligado diretamente ao programa de erosão, onde foram encontrados 99 áreas de erosão ao longo do reservatório. Essa seria uma justificativa plausível para aplicação da Lei Federal 12651, de 2012 (Código Florestal) pois a erosão prejudica a preservação das margens do reservatório e a qualidade de água.

5. CONCLUSÃO

Com base nos objetivos, foi apresentado o levantamento histórico da Usina do Funil, que foi possível observar, que todo o processo de licenciamento ambiental passou por grandes dificuldades, pois a usina já encontra-se instalada após a lei ambiental que passou a exigir os estudos de impacto ambiental. Com tudo, um dos impactos ambientais foi o alagamento de 40km² de terra, que prejudicou a fauna e flora, além de desabrigar um distrito antigo de Resende, configurando um impacto social.

Ainda com relação ao processo de licenciamento ambiental, o levantamento das legislações brasileiras possibilitou compreender as etapas da licença ambiental e mostrar a evolução da legislação ambiental no país, ao passar dos anos, foi se tornando mais rigorosa comparando com o momento de planejamento da Usina do Funil. Como por exemplo, a resolução do CONAMA 01, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe de critérios básicos para avaliação dos impactos ambientais e estabelece quais os tipos de empreendimentos precisam realizar esse estudo.

Com base nos resultados apresentados sobre a avaliação dos programas ambientais, como monitoramento da qualidade de água e do reflorestamento,, foi observado que a carga orgânica e de poluentes que adentram o Estado do Rio de Janeiro, chega com parâmetros acima do aceitável para corpos hídricos classificados como Classe 2, conforme a CONAMA 357/2005.

De maneira geral, o represamento do corpo hídrico contribui para uma depuração dos poluentes presentes na água, porém não é o suficiente para manter a qualidade hídrica. Em virtude do exposto, que embora tenha depuração de poluentes, não foi possível determinar o processo de eutrofização, devido à falta de dados para serem analisados. Neste caso, é possível incluir uma crítica a gestão da qualidade no médio Paraíba do Sul. Onde apenas seria possível compreender melhor as situações do corpo hídrico, caso a metodologia fosse seguida à risca.

Por fim, tanto no Estado do Rio de Janeiro quanto no Estado de São Paulo, se faz necessárias melhorias na gestão da qualidade hídrica, avançando em questão de saneamento básico e atendimento dos parâmetros aceitáveis do corpo hídrico classe II, que embora não seja possível determinar que o mesmo

encontra-se em processo de eutrofização, pode ser observado que ele não apresenta qualidade hídrica aceitável e possui carga orgânica elevada.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. E. **Envelhecimento populacional no Brasil e no mundo segundo as novas projeções da ONU**. Revista Longe viver, p. 5-9, 2021.

BARRETO, L.V. Centro Científico Conhecer. **Eutrofização em rios brasileiros, Goiânia**, ano 2013, v. 9, n. 16, p. 2165 - 2179, 2013.

BARBOSA, L. V.; ABRANTES, E. T; FILHO, J. T. S. **O estado da arte da represa Ribeirão das Lajes**. Revista Semioses, v. 10, n.01, 2016;

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 27 jul. 1934.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 21 mar. 1935.

BRASIL. **Decreto nº 3.094, de 05 de março de 1941**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 31 dez. 1941.

BRASIL. **Decreto nº 7.841, de 08 de agosto de 1945**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 20 ago. 1945.

BRASIL. **Decreto nº 50.877, de 29 de junho de 1961**. Diário Oficial da União, Brasília, 29 jun. 1961.

BRASIL. **Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987**. Diário Oficial da União, Brasília. 06 mar. 1987.

BRASIL. **Decreto nº 1.530, de 22 de junho de 1995**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 jun. 1995.

BRASIL. **Decreto nº 2.612, de 03 de junho de 1998**. Diário Oficial da União, Brasília, 04 jun. 1998.

BRASIL. **Decreto nº 2.869, de 09 de dezembro de 1998.** Diário Oficial da União, Brasília, 09 dez. 1998.

BRASIL. **Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003.** Diário Oficial da União, Brasília, 12 mar. 2003.

BRASIL. **Lei nº 3.824, de 23 de novembro de 1960.** Diário Oficial da União, Brasília, 23 nov. 1960.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Diário Oficial da União, Brasília, 15 set. 1965.

BRASIL. **Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988.** Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 1988.

BRASIL. **Lei nº 7.754, de 14 de agosto de 1989.** Diário Oficial da União, Brasília, 14 ago. 1989.

BRASIL. **Lei nº 7.803, de 18 de junho de 1989.** Diário Oficial da União, Brasília, 18 jun. 1989.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Diário Oficial da União, Brasília, 09 jan. 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Diário Oficial da União, Brasília, 12 fev. 1998.

BRASIL. **Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000.** Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2000.

BRASIL. **Lei nº 10.670, de 14 de maio de 2003.** Diário Oficial da União, Brasília, 14 mai. 2003.

BRASIL. **Lei nº 10.881, de 09 de junho de 2004.** Diário Oficial da União, Brasília, 09 jun. 2004.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Diário Oficial da União, Brasília, 12 fev. 1998.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Diário Oficial da União, Brasília, 15 jul. 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.** Diário Oficial da União, Brasília, 17 jan. 1991.

BRASIL. **Lei nº 3.824, de 23 de novembro de 1960.** Diário Oficial da União, Brasília, 24 nov. 1960.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Diário Oficial da União, Brasília, 25 mai. 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Diário Oficial da União, Brasília, 20 set. 2010.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020.** Diário Oficial da União, Brasília, 30 set. 2020.

BRASIL. **Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989.** Diário Oficial da União, Brasília, 10 jul. 1989.

BRASIL. **Lei nº 7.192, de 06 de janeiro de 2016.** Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 06 jan. 2016.

BRASIL. **Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019.** Diário Oficial da União, Belo Horizonte, 25 fev. 2020.

CARVALHO, A. T. F. **Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil.** Caderno Prudentino de Geografia, v.1, p. 140-161, 2020.

CETESB. **Águas interiores:** publicações e relatórios - águas interiores. Publicações e Relatórios – Águas Interiores. 2022. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 20 ago.2023.

COSTA, A. L.; MERTENS, F. **Governança, redes e capital social no plenário do conselho nacional de recursos hídricos do Brasil**. Scielo. São Paulo, v.18, n. 3, 2015.

CORRÊA, M. L; PAULA, D. A. **Hidrelétricas e desenvolvimento no Brasil: A construção da usina de Furnas em perspectiva histórica (1956-1965)**. Simposio Internacional Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas em América y Europa, 2012.

ELETROBRAS FURNAS. Usina de Funil – 216 MW. Disponível em: <<https://www.furnas.com.br/subsecao/119/usina-de-funil---216-mw?culture=pt>>. Acesso em: 23 de jan. de 2022.

EPE. **Matriz Energética e elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ENERGETICA>>. Acesso em: 23 de jan. de 2022.

FAINGUELERNT, M. B. **A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte**. Scielo, São Paulo, x. XIX, n.2, p. 248 – 266, 2016.

GRACO-ROZA, C. SOININEN, J. CORRÊA, G. PACHECO. F. S; MIRANDA, M; DOMINGOS, P; MARINHO, M. M. **Functional rather than taxonomic diversity reveals chances in the phytoplankton Community of a large dammed river. Ecological Indicators**, v. 121, 2021.

GOVERNO. **Brasil é referência no campo de energia limpa e renovável**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel>>. Acesso em: 23 de jan. 2022.

IBAMA (org.). **Licenciamento Ambiental Federal: Usina Hidrelétrica**: acesso externo com acompanhamento integral do processo - sei - processo 02001.004173/2004-54. Acesso Externo com acompanhamento integral do processo - SEI - Processo 02001.004173/2004-54. 2004. Furnas Centrais INEA. . **AR, ÁGUA E SOLO**. Planilha de monitoramento. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-aguas-interiores/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Elétricas S/A. Disponível em: https://sei.ibama.gov.br/processo_acesso_externo_consulta.php?id_acesso_externo=744109&infra_hash=f5cf24a62d404ce79c21bd0bd7a897cc. Acesso em: 13 fev. 2023.

JUNIOR, I. M. Uma experiência de gestão de recursos hídricos: A implantação de uma proposta para o Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (mestrado em ciências), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. tese (doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAURIANO, A. W; BRASIL, L. S; MONTE-MOR, R. C. A; PALMIER, L. R; NASCIMENTO, N. O; SOUZA, N; CANELLAS, A. V. B. **Estudo de ruptura da barragem de Funil: Comparação entre os modelos FLDWAV e HEC-RAS**. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/81ebba0f37cb6aec22453116ee3c4f89_941d29718553368d6cbc62d9a8cf348e.pdf. Acesso em: 23 de jan. 2023.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: Átomo, 2010.

LIGHT. **Light energia**. Disponível em: <http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas-do-Grupo/light-energia.aspx>. Acesso em: 23 de jan. de 2022.

MORAIS, J. L. M; FADUL, E; CERQUEIRA, L. S. **Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do nordeste do Brasil.** Scielo, Porto Alegre, v. 24, 2018.

MORETTO, E. M; GOMES, C. S; JORDÃO, C. O. **Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica.** Scielo, São Paulo, 2012.

MESQUITA, L. F. **Gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio preto: atores, ações conflitos.** 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento sustentável) - Universidade de Brasília, 2017.

NETO, M. L. F.; FERREIRA, A. P. - **Perspectivas da Sustentabilidade Ambiental Diante da Contaminação Química da Água: Desafios Normativos** - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.2, n.4, Seção 1, ago 2007.

OLIVEIRA, N. C. C. **A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil.** Scielo, Belo Horizonte, 2018.

PCH PARACAMBI. **História / Saiba um pouco mais da história do Complexo Lajes.** Disponível em: < <https://www.pchparacambi.com.br/noticias/historia-saiba-um-pouco-mais-da-historia-do-complexo-lajes/>>. Acesso em: 23 de jan. de 2022.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. **Gestão de bacias hidrográficas.** Scielo, São Paulo, Estudos Avançados, v.22. 2008.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Fundação Cultural Alfredo Ferreira Lage – Patrimônio cultural.** Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta_funalfa_patrimonio_historico_usina_marmelos.php>. Acesso em: 23 de jan. 2022

QUADRA, G. R; LI, Z; BARROS, N; ROLAND, F; SOBEK, A. **Micropollutants in four Brazilian water reservoirs.** Limnologia, v.90, 2021.

QUEIROZ, Lucas Gonçalves *et al.* Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 238, 22 fev. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.1949>.

RANGEL, M. L; SOARES, M. C. S; PAIVA, R; SILVA, L. H. S. **Morphology based functional groups as effective indicators of phytoplankton dynamics in a tropical cyanobacteria-dominated transitional river-reservoir system**. *Ecological Indicators*, v. 64, 2016.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato**. Embrapa, 2002.

ROSA, Denise Mecunhe. **A evolução da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul**. 2012. 288 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOARES, M. C. S; MARINHO, M. M; AZEVEDO, S. M. O. F; BRANCO, C; HUSZAR, V. L. M. **Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir**. *Limnologica*, v.42, p.197-203, 2012.

SOUZA, A. P. D; MACHADO, D. N. M; PENHA, E. **Histórico das hidrelétricas no Brasil e no mundo**. Centro Universitário de Várzea Grande, 2015.

SMITH, V. H; SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** *Trends in Ecology and Evolution* **24**: 201-207. 2009.

TUNDISI J.G., MATSUMURA-TUNDISI T. (2003) **Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies**. In: Martens K. (eds) *Aquatic Biodiversity. Developments in Hydrobiology*, vol 171. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1084-9_17

TRINDADE, L.L; SCHEIBE, L. F. **Gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos comitês de bacias hidrográficas brasileiros.** Scielo, São Paulo, v.22, 2019.

VAZ, V.B.J. **A represa de Ribeirão das Lajes e os efeitos socioespaciais no Planalto da Serra do Mar do Sul do Estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<https://saojoaomarcos.com.br/wp-content/uploads/2020/07/CLUBE-DA-RESENHA-6-A-REPRESA.pdf>>. Acesso em: 23 de jan. de 2022.

ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP).** Jaboticabal, 75 f. 2009. Tese (doutorado em Microbiologia Agropecuária). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.