



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Luiara Castro de Lana

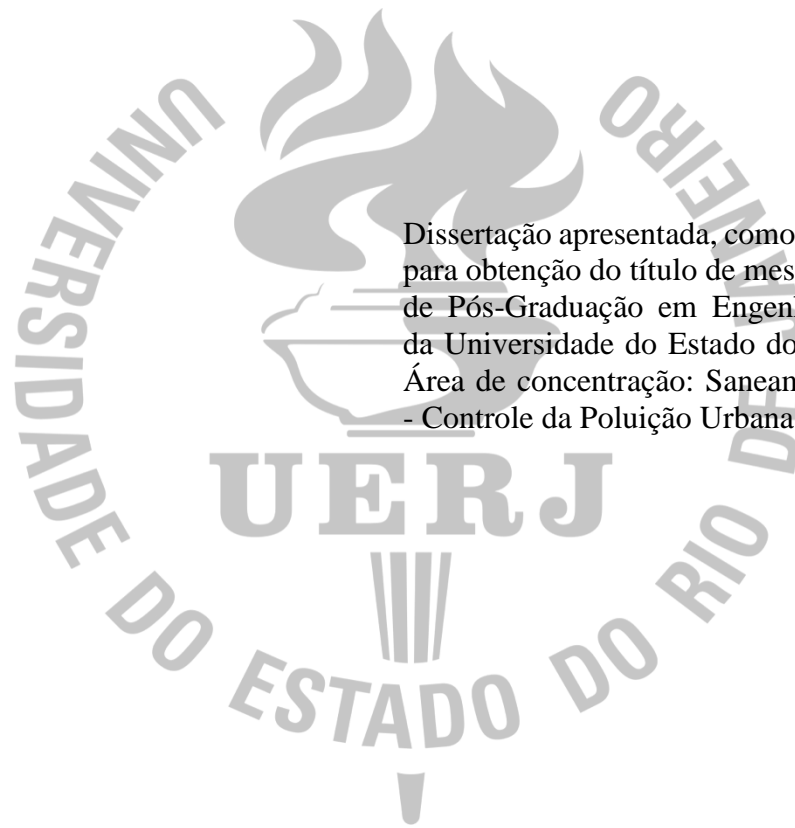
**Desenvolvimento de um protótipo de SIG para aplicação de água de reuso
na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2023

Luiara Castro de Lana

Desenvolvimento de um protótipo de SIG para aplicação de água de reuso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro



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: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Obraczka

Coorientador: Prof. Dr. Sergio Orlando Antoun Netto

Rio de Janeiro

2023

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

L243 Lana, Luiara Castro de.
Desenvolvimento de um protótipo de SIG para aplicação de água de reuso na região metropolitana do Rio de Janeiro / Luiara Castro de Lana. – 2023.
131 f.

Orientador: Marcelo Obraczka.
Coorientador: Sergio Orlando Antoun Netto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Água - Reuso - Teses. 3. Sistemas de informação geográfica - Teses. 4. Desenvolvimento de recursos hídricos - Teses. I. Obraczka, Marcelo. II. Antoun Netto, Sergio Orlando. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.1

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

16/11/2023

Data

Luiara Castro de Lana

Desenvolvimento de um protótipo de SIG para aplicação de água de reuso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

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: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em

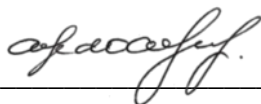
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Obraczka (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ



Prof. Dr. Sergio Orlando Antoun Netto (Coorientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ



Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior
Faculdade de Engenharia – UERJ



Profª. Drª. Julia Celia Mercedes Strauch
Universidade Federal Fluminense - UFF

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

À Jesus que desperta em mim o sentimento de filha de Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me deu a força que eu não tive na maioria do tempo. Que me impulsionou a não desistir e lembrar de onde eu vim e o que ele tem feito através da minha vida.

Ao meu marido Rafael que esteve comigo durante todo esse tempo, cuidando e compartilhando a vida, sempre com a sua paciência. Que muitas vezes me lembrou que eu era capaz de mais coisas do que podia imaginar, muitas vezes eu senti Deus falando através de dele.

Agradeço aos meus avós que tornam sua casa o melhor lugar do mundo onde eu me sinto extremamente amada, acolhida e cuidada. Obrigada pelo cuidado, amor e preocupação, vocês são um presente de Deus na minha vida. Agradeço aos meus pais e irmã. Minha mãe que me alimentou e cuidou da minha casa enquanto eu estava imersa nos meus compromissos. Meu pai que desde pequena profetizou sobre os meus estudos e me incentivou. A minha irmã que é uma impulsionadora de pessoas.

Agradeço a minha igreja que teve para minha vida palavras que me traziam tranquilidade e fé para continuar lutando pelos meus objetivos.

Aos meus amigos que a UFF me deu (Anna, Bárbara, Priscila, Rosi e Amanda) e me incentivaram com muito carinho em diversos momentos, as minhas amigas de experiências profissionais (Erika, Laine e Vanessa). Aos amigos que a UERJ me deu, principalmente a Dayana e Maíra que sempre compartilharam conhecimento nesse período tão intenso.

Agradeço a UERJ pela oportunidade de tanto conhecimento, por essa imersão da qual pude vivenciar nesse mestrado. Agradeço ao projeto SIGAS-UERJ e aos professores e alunos que dele fazem parte, em especial a Professora Sonia Silva, Professor Irving Badolato e ao aluno de graduação da Engenharia Cartográfica Nyelsen Fernandes. Agradeço ao projeto Capacita do qual tive a oportunidade de liderar durante esse período do mestrado. Aprendi bastante com todos os alunos envolvidos e, ao mesmo tempo, pude vivenciar a gestão de pessoas. Obrigada também aos meus gestores profissionais que foram muito compreensivos durante esse período.

Agradeço a minha banca avaliadora pela disponibilidade e pelo compartilhamento dos seus conhecimentos.

Agradeço à FAPERJ pela concessão do apoio aos programas de pós-graduação do PEAMB pela aquisição do Programa ArcGIS e a ESRI pelo suporte técnico na instalação e uso da ferramenta.

Agradeço aos meus orientadores que foram amigos também e me acalmaram em diversas situações me trazendo ânimo, mostrando meus avanços e me impulsionando.

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada.

Apenas dê o primeiro passo.

Martin Luther King

RESUMO

LANA, Luiara Castro de. *Desenvolvimento de um protótipo de SIG para aplicação de água de reuso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. 2023. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A contaminação das principais fontes de água e a persistente escassez hídrica, exacerbada pelas influências das mudanças climáticas, como evidenciado durante o episódio de 2014 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), têm um impacto relevante na disponibilidade de recursos hídricos e estimulam a busca por alternativas para suprir as necessidades fundamentais da sociedade. Assim, o reuso de água apresenta-se como uma fonte alternativa de água para o suprimento das demandas atuais e futuras de diversas regiões, porém, é necessária uma análise detalhada das estratégias e soluções viáveis para cada complexidade de cenário. Para atender às análises estratégicas, os ambientes de Sistemas de Informações Geográficas associados a Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados permitem uma melhor e mais rápida manipulação de dados, e conseqüentemente beneficia gestores e pesquisadores. Considerando esses aspectos, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma metodologia para modelagem de um SIG voltado para água de reuso proveniente de ETEs localizadas na RMRJ. Para essa finalidade foi realizada identificação dos requisitos de quantidade de água fornecida e demandada e distância entre o produtor e usuário da água de reuso. Após, foi desenvolvida uma modelagem conceitual, incluindo a modelagem de dados e a modelagem de processos seguida do modelo relacional e a obtenção dos dados para a geração de um banco de dados inicial. Por fim, foram aplicadas ferramentas SIG para a fase de testes, como também, para a fase final. O resultado de dispersão apresentou regiões de intensa demanda de água e sua interação com a vazão tratada das estações nas proximidades. O roteamento aplicado demonstrou resultados relevantes, considerando a potencialidade da ETE Penha para o atendimento da demanda industrial com água de reuso, em torno de 91%, em um raio de até 20 km.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos; Vazão demandada; Potencial de reuso; Análise Espacial.

ABSTRACT

LANA, Luiara Castro de. *Development of a GIS prototype for the application of reused water in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro*. 2023. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The contamination of major water sources and the persistent water scarcity, exacerbated by the influences of climate change, as evidenced during the 2014 episode in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro (RMRJ), have a notable impact on water availability and stimulate the search for alternatives to meet society's fundamental needs. Thus, reclaimed water emerges as an alternative source to meet current and future demands in various regions; however, a detailed analysis of viable strategies and solutions is required for each complex scenario. To support strategic analyses, Geographic Information Systems (GIS) environments associated with Database Management Systems allow for better and faster data manipulation, consequently benefiting managers and researchers. Considering these aspects, this study aims to develop a methodology for modeling a GIS focused on reclaimed water from Wastewater Treatment Plants (ETEs) located in the RMRJ. For this purpose, a survey was conducted to ascertain the requirements regarding the quantity and distance between the producer and the user of reclaimed water. Subsequently, conceptual modeling was developed, including data modeling and process modeling, followed by the relational model and data collection to generate an initial database. Finally, GIS tools were applied for the testing phase, as well as for the final phase. The dispersion results showed regions with high water demand and their interaction with the treated flow from nearby stations. The applied routing demonstrated relevant results, considering the potential of ETE Penha to meet industrial demand with reclaimed water, around 91%, within a radius of up to 20km.

Keywords: Water resources management; Demanded flow; Reuse potential; Spatial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha do tempo da legislação aplicada ao reuso de água no Brasil.....	28
Figura 2 - Sistema de Banco de Dados.....	35
Figura 3 - Fluxograma metodológico da pesquisa.....	38
Figura 4 - Mapa de localização da RMRJ	39
Figura 5 - Indústrias da RMRJ	45
Figura 6 - Localização das ETE's na RMRJ	46
Figura 7 - Parte I do DER.....	52
Figura 8 - Parte II do DER	53
Figura 9 - Parte III do DER	55
Figura 10 - Parte IV do DER	56
Figura 11 - Parte V do DER	57
Figura 12 - Diagrama de Contexto	58
Figura 13 - Diagrama de Fluxo de Dados - Nível 0	59
Figura 14 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 1 - Nível 1	60
Figura 15 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 2 - Nível 1	61
Figura 16 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 3 - Nível 1	62
Figura 17 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 4 - Nível 1	63
Figura 18 - Parte I do modelo relacional	64
Figura 19 - Parte II do modelo relacional.....	64
Figura 20 - Parte III do modelo relacional	65
Figura 21 - Parte IV do modelo relacional	66
Figura 22 - Parte V do modelo relacional.....	66
Figura 23 - Rota definida entre a ETE Penha e os dez maiores consumidores do município do Rio de Janeiro	70
Figura 24 - Expressividade das demandas hídricas - 10 km (dados FIRJAN).....	71
Figura 25 - Expressividade de demanda de vazões outorgadas das indústrias na RMRJ	73
Figura 26 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha – 5 km	75
Figura 27 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha - 10km.....	76

Figura 28 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha - 20km.....	77
Figura 29 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Penha – 10km.....	78
Figura 30 - Gráfico das vazões demandadas e ofertadas pela ETE Penha.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável segundo NBR 16.483/2019	25
Tabela 2 - Tabela de Entidades e Relacionamentos	51
Tabela 3 - Demanda e fornecimento de água de reuso (dados FIRJAN)	68
Tabela 4 - Levantamento das 10 empresas com maior vazão no município do Rio de Janeiro	69
Tabela 5 - Análise de vazões de demanda (dados FIRJAN)	71
Tabela 6 - Capacidade de fornecimento de água de reuso de ETEs em regiões estratégicas...	72
Tabela 7 - Análise de vazão de demanda e fornecimento de água de reuso (dados de vazões outorgadas)	74
Tabela 8 - Vazão demanda e ofertada considerando a ETE Penha	79
Tabela 9 - Padrões de qualidade da água de reuso para lavagem de veículos.....	103
Tabela 10 - padrões de qualidade da água de reuso para Lavagem de Pisos, Calçadas e Irrigação de Jardins	103
Tabela 11 - Padrões de qualidade da água de reuso para descarga dos vasos sanitários.....	103
Tabela 12 - Padrões de qualidade da água de reuso para torres de resfriamento	103
Tabela 13 - Padrões de qualidade da água de reuso para água de geração de vapor.....	104
Tabela 14 - Padrões de qualidade da água de reuso para tamboreamento	104
Tabela 15 - Padrões de qualidade da água de reuso para amassamento de concreto	105
Tabela 16 - Padrões de qualidade da água de reuso para fins agrícolas e florestais	105
Tabela 17 - Coeficiente de Retirada de água para a Indústria	107

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Referência de parâmetros de qualidade da água de reuso por atividade	42
Quadro 2 - Representação do fluxo de dados considerando as informações requeridas e geradas	96
Quadro 3 - Atributos da modelagem de dados e suas descrições	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico
BDG	Bancos de Dados Geográficos
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DER	Diagrama Entidade Relacionamento
DFD	Diagrama de Fluxo de Dados
ERJ	Estado do Rio de Janeiro
ETA	Estações de Tratamento de Águas
ETE	Estações de Tratamento de Esgoto
GPL	<i>General Public License</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IMASUL	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul
PDF	<i>Portable Document Format</i>
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SEAS	Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
OMS	Organização Mundial da Saúde
OMT	<i>Object Modeling Technique</i>
SGBD	Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados
SIG	Sistemas de Informação Geográficas
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. OBJETIVOS	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Recursos Hídricos	18
2.1.1 Recursos Hídricos na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro	19
2.2. Reuso de Água.....	20
2.2.1 Legislação aplicada no contexto da água de reuso	22
2.3. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	28
2.4. Aplicações na área ambiental	29
2.5. Desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas	30
2.5.1 Modelo Conceitual.....	30
2.5.1.1 Modelagem de Dados	31
2.5.1.2 Modelagem de Processos.....	33
2.5.2 Modelo Físico	33
2.5.2.1 Modelo Relacional	33
2.5.3 Banco de Dados.....	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1. Fluxograma da pesquisa	38
3.2. Área de estudo.....	38
3.3. Requisitos do Sistema.....	39
3.4. Modelagem Conceitual.....	40
3.4.1 Modelagem de Dados	40
3.4.2 Modelagem de Processos.....	40
3.5. Modelo Relacional	41
3.6. Banco de dados	41
3.7. Obtenção de dados de potenciais consumidores e fornecedores de água de reuso	42
3.7.1 Consumidores potenciais de águas de reuso	42
3.7.2 Fornecedores potenciais de águas de reuso.....	45
3.8. Implementação do roteamento	47
3.9. Implementação da análise de demandas de água de reuso.....	47

4.	RESULTADOS	49
4.1.	Requisitos do Sistema	49
4.2.	Modelagem de Dados	50
4.3.	Modelagem de processos	57
4.3.1	Diagrama de Contexto	57
4.4.	Modelo Relacional	64
4.5.	Implementação	67
4.5.1	Análise de vazão em função das distâncias percorridas pelo caminhão para a entrega de volumes efetivos de águas de reuso	67
4.5.2	Dispersão da vazão demandada a partir de dados da FIRJAN	70
4.5.3	Dispersão da vazão demandada (dados de outorga)	72
4.5.4	Análise de expressividade individual – ETE Penha	77
5.	CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A - CÓDIGOS DO SISTEMA	90
	APÊNDICE B - PRODUTOS GERADOS PELO SIG CONFORME DFD	96
	APÊNDICE C - DESCRIÇÃO DOS ATRIBUTOS DA MODELAGEM DE DADOS	100
	APÊNDICE D - PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REUSO PARA DIFERENTES ATIVIDADES	103
	APÊNDICE E - COEFICIENTES DE RETIRADA	107
	APÊNDICE F - DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS E DE SANEAMENTO: SIGAS – UERJ	112

INTRODUÇÃO

A água é um recurso limitado e essencial à vida. Haja vista a atual situação de escassez hídrica e seu conseqüente agravamento pelas mudanças climáticas, ao adotar medidas que controlem o uso dos recursos hídricos, em geral, sobretudo o consumo de água, como o uso de dispositivos economizadores em torneiras e chuveiros, o reaproveitamento de água da chuva, a reutilização de água e a conscientização sobre o uso racional da água, contribuí para preservação dos recursos hídricos e garantia de sua disponibilidade para as gerações futuras (OBRACZKA et al., 2019a).

A falta de água potável e de saneamento básico adequado é um problema que afeta milhões de pessoas em todo o mundo, o que resulta em doenças e mortes. O uso de alternativas que controlam o consumo de água também pode ajudar a minimizar esse problema, pois reduz a demanda por água potável e alivia a pressão sobre os sistemas de abastecimento de água. É primordial adotar práticas que ajudem a controlar o consumo de água, tanto para preservar esse recurso vital como para promover a saúde e o bem-estar da população (SANTOS et al., 2022).

A aplicação de sistemas de reuso propiciam benefícios a saúde pública e ao meio ambiente, pois previnem o despejo de esgotos em corpos d'água; contribui para o melhor gerenciamento de bacias hidrográficas; evita intrusão da cunha salina e subsidência de terrenos em casos que existe excesso na utilização de aquíferos; proporciona a conservação do solo a partir da acumulação de matéria orgânica e aumenta a resistência à erosão; favorece o aumento da produção de alimentos, conseqüentemente eleva os níveis de saúde da população, qualidade de vida e condições sociais (BRAGA et al., 2005; SANTOS; OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2019).

No Brasil, o reuso de água é uma alternativa pouco utilizada mesmo diante de cenários de escassez hídrica, em controvérsia, muitos países como Namíbia, Estados Unidos, Cingapura, Israel, entre outros, já possuem essa prática consolidada com sistemas direcionados para o melhor reaproveitamento da água de reuso, inclusive, para fins potáveis (OBRACZKA, 2017; LIMA et. al., 2018). Esse quadro pode ser atribuído também a falta de legislação aplicada a prática de reuso de água, pois um dos obstáculos enfrentados na promoção do reuso no Brasil é a ausência de diretrizes e metas claramente estabelecidas, tanto em âmbito nacional quanto local. A política de reutilização atual resultou na execução de um número limitado de projetos em todo o território nacional, mesmo em regiões de bacias hidrográficas consideradas críticas (PEREIRA et al., 2020).

Alguns estados brasileiros demonstram interesse para o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros das Estações de Tratamento de Águas (ETA), esse processo consiste no redirecionamento da água de volta para a mesmo processo, de modo que ocorra sua reciclagem. Diferentemente dos casos da água de reuso, provenientes do tratamento de esgoto, que estão alocadas em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e necessitam de uma estrutura que as levem até o consumidor, esse processo requer investimentos com obras e conseqüentemente recursos financeiros (OBRACZKA, 2017). O reuso de água considera viabilidade técnica e econômica, logo é possível incluí-lo dentre a gama de atividades que necessitam de dados espaciais, que aplicado a um banco de dados pode obter informações estratégicas na sua implementação.

A utilização de tecnologias espaciais para coleta e tratamento de informações é conhecida como geoprocessamento e atualmente tem grande empregabilidade, devido a sua diversidade de aplicações e formas de relacionar os dados. Os sistemas responsáveis por realizar funções de geoprocessamento são chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e é utilizando esses programas que são processados dados que nos permitem executar diversos tipos de análises (INPE, 2002; REGHINI; CAVICHIOLI, 2020).

O SIG permite a captura, armazenamento, análise, manipulação, visualização e apresentação de informações geográficas de uma grande quantidade de dados, que são referenciadas em um sistema de coordenadas espaciais (REGHINI; CAVICHIOLI, 2020). Isso significa que um SIG permite a criação de mapas digitais e a análise de dados espaciais para entender melhor as relações entre diferentes locais e características geográficas. Algumas das suas funcionalidades estão relacionadas a localização de objetos ou eventos geográficos, como: estradas, rios, edifícios, áreas agrícolas, entre outros; medição de distâncias e áreas; identificação de padrões e tendências em dados geográficos; análise de impactos ambientais e planejamento territorial; visualização de dados em mapas temáticos; integração com outras tecnologias, como Sistema de Posicionamento Global (GPS), sensoriamento remoto e análise de imagens.

Existem diversas aplicações dentro do SIG que o tornam relevante para o tratamento de informações relacionadas ao meio ambiente, tendo em vista seus aspectos e características diversas. Seu caráter multidisciplinar abrange áreas com visões sistêmicas, tais como aquelas relacionadas com recursos hídricos, florestas, agricultura, engenharia ambiental, saneamento, entre outras, que disponíveis em uma plataforma unificada tornam a gestão, pesquisa e planejamento mais acessível e eficiente.

1. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolvimento de uma metodologia para modelagem de um SIG aplicado à água de reuso proveniente de ETEs localizadas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Objetivos Específicos

- Avaliar dados de vazão das ETEs e empresas localizadas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em função da localização geoespacial;
- Implementar requisitos do SIG projetado em um ambiente real, incorporando os dados coletados das ETEs da região;
- Avaliar o impacto da implementação do SIG no contexto do reuso de água;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recursos Hídricos

A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e essencial para a vida de todos os seres vivos. É um bem de domínio público e por isso sua gestão é realizada nas esferas públicas sendo necessário assegurar seus usos múltiplos de maneira sustentável e garantir que as atuais e futuras gerações tenham acesso a esse recurso.

A disponibilidade de água doce é atualmente uma questão importante em todo o mundo e será um dos maiores desafios do futuro a ser enfrentado pela humanidade (ABD ELLAH; SPARAVIGNA, 2022). O acesso à água potável tem impacto no bem-estar humano, na qualidade de vida e interfere, inclusive, na saúde humana. Recentemente a pandemia do COVID-19 agravou e evidenciou ainda mais a necessidade de água potável, sendo esse, o elemento básico e essencial no enfrentamento da doença (SANTOS; MARQUES; SANTOS, 2021).

A escassez hídrica é cada vez mais recorrente na sociedade, estimada como a água doce disponível e a retirada de água, a qual é afetada pelas mudanças climáticas e atividades humanas. O requerimento por fontes hídricas se torna cada vez mais crescente, impulsionado por fatores físicos e socioeconômicos (HUANG; YUAN; LIU, 2021).

Segundo Huang et al. (2021) a disponibilidade de água tem sua variação considerada, não apenas por questões geográficas, mas também o período do ano, que influencia principalmente nos hábitos humanos, pois a demanda por água pode diminuir ou aumentar. Além da desproporcionalidade entre o aumento do consumo de água e a sua disponibilidade, também é preciso considerar a poluição dos corpos hídricos um fator preponderante para o agravamento da escassez.

A crise hídrica foi pontuada como um dos principais riscos globais devido ao seu impacto potencial, de acordo com o *World Economic Forum* (2021). A falta d'água reverbera significativamente na qualidade de vida da população. Tendo em vista a importância do controle e racionamento dos recursos hídricos, são utilizadas fontes alternativas, como: dessalinização, água da chuva e reuso de água potável e não potável.

O Brasil, mesmo considerado o maior detentor de água doce superficial do mundo, possui reservas disponíveis de forma irregular e que contrastam com a situação populacional

(PIRES, 2020). Um país que possui um total de 12 regiões hidrográficas principais, com grande variação em quantidade e qualidade da água, além das diferenças entre as populações residentes que fazem uso desses recursos. Essas disparidades influenciam nos mecanismos de gestão de recursos hídricos, logo são necessárias aplicações financeiras e abordagens diferenciadas (BRASIL, 2003; MOREIRA; SEO, 2021).

De acordo com o Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2021, desde 2016 as vazões observadas obtiveram redução considerável, ademais constatou-se que outros fatores além das condições climáticas podem impactar de maneira significativa na disponibilidade hídrica, como usos da água e uso e ocupação do solo. Em algumas unidades de gestão de recursos hídricos como Nordeste setentrional, São Francisco e Tocantins-Araguaia e, mais recentemente, também nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o aumento das chuvas nos últimos anos não foi suficiente para melhorar, de maneira significativa, a disponibilidade hídrica.

2.1.1 Recursos Hídricos na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro

Os conflitos existentes em torno da Bacia Paraíba do Sul são históricos e se permeiam com o passar do tempo. O Estado do Rio de Janeiro é diretamente afetado diante dessas situações, considerado um dos estados mais populosos, a escassez hídrica atrelada a falta de gestão no Rio Paraíba do Sul pode representar riscos significativos para a região. Segundo dados do SNIS (BRASIL, 2022) em 2021 o Estado do Rio de Janeiro (ERJ) possuía um consumo per capita de 174,7 l/hab.dia, valor acima da média nacional, de 150,7 l/hab.dia, o que torna mais precário a situação hídrica do Estado.

O Rio de Janeiro vivenciou uma grave crise hídrica entre os anos de 2014 e 2015, o que afetou diretamente os diversos setores produtivos. Além disso, tensões, escassez e estresse hídrico permeavam a área, logo foi necessário a busca por iniciativas que amenizassem essas situações e fornecessem recursos com o intuito atender as necessidades humanas para garantir o processo produtivo e a preservação dos ecossistemas aquáticos (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON; CARNEIRO, 2016; FORMIGA-JOHNSSON; BRITTO, 2020).

A divisão regional serve como instrumento de planejamento para o governo do Estado e colabora para a promoção do desenvolvimento espacial integrado, atualmente o ERJ possui oito regiões sendo estas a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a Região Noroeste

Fluminense, a Região Norte Fluminense, a Região das Baixadas Litorâneas, a Região Serrana, a Região Centro Sul Fluminense, a Região do Médio Paraíba e a Região da Costa Verde (SEPLAG, 2013). A junção de municípios que originam a RMRJ se dá principalmente com objetivo de elaborar políticas públicas em áreas estratégicas como saneamento básico, mobilidade urbana e infraestrutura (IPEA, 2021).

A RMRJ apresenta sérios problemas relacionados a saneamento básico, é uma das regiões do Estado com maior quantitativo populacional, com cerca de 12 milhões de habitantes (IBGE, 2022), a disparidade de atendimento a requisitos básicos como tratamento e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgoto, coleta de lixo e sistema de drenagem, demonstra a falta de investimentos e políticas públicas para algumas áreas. Essa análise, pode estar relacionada inclusive com a expectativa de vida da população, Niterói, por exemplo, possui mais de 95% de sua população com esgoto tratado e apresenta a maior expectativa de vida comparado com outros municípios da região (IBGE, 2010; BRASIL, 2021; DATAPEDIA, 2023).

2.2. Reuso de Água

Devido a problemática causada em quadros de escassez hídrica o estudo e a criação de alternativas para melhor utilização e ampliação do acesso a água para as diversas demandas da sociedade vêm se desenvolvido, e promove uma garantia de maior segurança hídrica. Dentre essas alternativas pode ser destacado o reuso de águas provenientes de estações de tratamento de esgoto, que possui infindáveis benefícios para o meio ambiente.

A reutilização da água não é uma prática nova, desde a antiguidade são aplicados dejetos humanos no solo. Por um período o reuso de água sofreu um declínio devido ao crescimento de tecnologias no tratamento da água, logo aquele recurso era conduzido diretamente ao descarte. No entanto, o crescimento populacional, o aumento da densidade demográfica em algumas regiões, mudanças climáticas, e a escassez hídrica, entre outros aspectos, permitiram o ressurgimento do uso desse recurso. Atualmente, a utilização da água de reuso ocorre em uma amplitude de aplicações, inclusive para fins potáveis (ANGELAKIS et al., 2018).

O desenvolvimento do reuso da água proveniente do esgoto se deu principalmente através da agricultura. No período conhecido como Idade do Bronze (3200-110 aC) civilizações da China, Oriente médio, Egito, entre outras, utilizavam esse recurso como meio de irrigação e

aquicultura. Em seguida as civilizações gregas e romanas iniciaram o uso também para irrigação e consideravam os benefícios da fertilização, aplicando essa prática especialmente em cidades relevantes (1000 aC-330 dC). Na Europa as práticas relacionadas ao saneamento demoraram a se desenvolver, o que gerou crises sanitárias graves e muitos cidadãos a óbito, essa falta de desenvolvimento afetou países colonizados. No entanto, em meados do século XIX após as grandes epidemias em várias regiões do mundo, o saneamento ganhou maior notoriedade, e isso levou ao desenvolvimento de práticas de descarte e reutilização de efluentes, nesta época a aplicação no solo de águas residuais para descarte e uso agrícola foi utilizada primeiro em cidades europeias e depois nos EUA (ANGELAKIS et al., 2018).

No Brasil, o avanço das tecnologias de tratamento de esgoto e o aumento da escassez hídrica em diversas regiões fez com que ocorresse um crescimento nos números de trabalhos e pesquisas desenvolvidos, além disso o tema tem sido frequentemente abordado no âmbito legislativo, o que permite um maior direcionamento e a regularização do uso desse recurso. Como evidenciado no Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei nº 14.026/2020, que traz em diversos fragmentos do seu texto o incentivo ao reuso de água (BRASIL, 2020).

A utilização da água de reuso deve ser estabelecida pela atividade da qual ela se destina. A qualidade da água será alcançada de acordo com a tecnologia aplicada em cada ETE. A garantia da qualidade da água precisa ser regida em um documento regulador que irá definir padrões, critérios e diretrizes. Este documento deverá nortear toda a prática do uso de água de reuso e incentivar a prática de forma segura e responsável.

No Brasil, o projeto de maior destaque voltado para utilização de água de reuso é o Aquapolo, considerado a maior planta de produção de água de reuso da América Latina, que possui capacidade de fornecer 1000 l/s de água de reuso para o Polo Petroquímico de Capuava e indústrias da Região do ABC Paulista. A iniciativa utiliza a água proveniente do tratamento de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto ABC da Sabesp (ETE-ABC). Uma adutora de 17 km conduz esse insumo por dois municípios distintos até alcançar seu destino final na cidade de Capuava, em Mauá (SANTOS et. al., 2019; FUKASAWA; MIERZWA, 2020; OBRACZKA et al., 2021).

Algumas ETEs no ERJ fazem reutilização da água proveniente de seu tratamento de esgotos. As ETEs Alegria, Penha, Deodoro (OBRACZKA et al., 2019a), as ETEs da Concessionária Águas de Niterói aplicam esse recurso em suas atividades internas, como por exemplo na preparação de soluções, além de comercializar o efluente tratado da ETE Itaipu. A ETE Alegria forneceu seu efluente final tratado para construção do Porto Maravilha

(OBRACZKA, 2017; ARAÚJO; SANTOS; SOUZA, 2017; OBRACZKA, 2019), as ETEs Penha e Itaipu fornecem esse recurso principalmente para limpeza urbana.

Além disso, a água de reuso é um recurso economicamente atraente, segundo Araújo et. al. (2017) o recurso é financeiramente viável em uma distância de até 110 km entre consumidor e fornecedor, para o Estado do Rio de Janeiro. Isso ocorre principalmente pelo alto custo da compra de água potável.

Apesar de todos os benefícios o uso de água de reuso pode apresentar riscos. No entanto, é importante ressaltar que o uso adequado e a implementação de sistemas de tratamento apropriados podem mitigá-los. Alguns dos riscos potenciais associados incluem riscos à saúde como a presença de microrganismos patogênicos; riscos ao meio ambiente como à presença de nutrientes que causem a eutrofização em corpos hídricos; riscos à agricultura, como na irrigação de culturas, pois pode conter substâncias químicas, como metais pesados ou produtos químicos tóxicos, que podem ser absorvidos pelas plantas e, posteriormente, consumidos pelos seres humanos pela cadeia alimentar; entre outros (HENDGES et al., 2018; SANTOS; LIMA, 2022).

O uso de água de reuso pode enfrentar resistência e preocupações da opinião pública. Pois gera receio a população de usar a água que tenha sido previamente tratada ou possa ter sido exposta a resíduos e contaminantes. É importante educar e conscientizar o público sobre os processos de tratamento adequados e os benefícios do reuso da água para superar essas preocupações (KANDIAH; BERGLUND; BINDER, 2019). Para minimizar esses riscos, é essencial implementar sistemas de tratamento adequados, monitorar regularmente a qualidade da água de reuso e aderir a regulamentações e diretrizes específicas para o reuso sustentável da água.

Segundo Santos e Lima (2022) é necessário a determinação de um quadro regulatório adequado, bem como a implantação de uma política de reuso de água para que haja um incentivo e a prática de utilização se institucionalize de maneira segura e responsável. Desse modo, permite-se assim que o uso de água de reuso se torne cada vez mais seguro e culturalmente aceitável, além de diminuir tensões em regiões em que a disponibilidade de água potável é cada vez mais escassa gerando conflitos internos.

2.2.1 Legislação aplicada no contexto da água de reuso

A regulamentação da prática de reuso de água contribui para uma melhor aceitação da sociedade e permite um maior respaldo legal para fornecedores e consumidores. Segundo Santos e Vieira (2020) a criação de diretrizes, mesmo que pouco restritivas contribuem para a criação de experiências e colabora para normativas cada vez mais adequadas.

Ainda que a aplicação direta de águas residuais no solo tenha sido uma prática antiga que se desenvolveu com base em observação e experiência, o entendimento acerca dos riscos associados vem crescendo. Até início do século XX não havia normativas para regularizar o uso desse recurso, no entanto a preocupação com a saúde pública fez com que autoridades se mobilizassem para garantir maior segurança nas práticas envolvendo água de reuso (ANGELAKIS et al., 2018).

As primeiras diretrizes sobre água de reuso surgiram no século XX, no ano de 1918, no estado da Califórnia, Estados Unidos. Em que foram criados padrões para utilização da água de reuso na agricultura, posteriormente diversos países ao redor do mundo, assim como organizações internacionais, como por exemplo, Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) começaram a estabelecer seus regulamentos e diretrizes de reuso de água para garantir práticas seguras (SHOUSHTARIAN; NEGAHBAN-AZAR, 2020).

A publicação de padrões por organizações internacionais impulsiona, principalmente, países emergentes, que apresentam cenários de escassez, a adotarem e estabelecerem padrões de acordo com suas necessidades e características intrínsecas (SANTOS; LIMA, 2022).

No Brasil a primeira normativa que trouxe o tema reuso trata-se da NBR 13.969 (ABNT, 1997), o texto não tem como foco o reuso de água, mas aborda o tema reuso local de esgoto tratado. O documento traz exemplos de reuso em atividades simples que não exigem nenhum tratamento, como reutilização da água da máquina de lavar nos vasos sanitários, e o reuso utilizado em atividades mais restritas que necessitam da retirada de poluentes. A normativa considera todos os usos desejados, com exceções (hortaliças, frutas de ramas rastejantes). Segundo Santos e Lima (2022), no Brasil, a NBR 13.969/1997 permitiu o início de tentativas para regulamentar a reutilização da água.

Em 2005, a Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso de água não potável. A publicação abrangeu as modalidades de reuso direto não potável de água e determinou que os parâmetros específicos para cada uma delas deve ser determinado pelo órgão competente (BRASIL, 2005). Atualmente, a Resolução encontra-se em revisão, com o intuito de garantir maior segurança do ponto de vista ambiental e legal. Essa revisão visa estabelecer

uma estrutura regulatória que oriente, discipline e crie um ambiente favorável para investimentos em inovação e na implementação de práticas de reuso não potável no Brasil (BRASIL, 2022).

Em 2010 a Bahia foi o primeiro estado brasileiro a criar uma Resolução voltada para o âmbito do reuso, a Resolução CONERH nº 75/2010 estabeleceu na modalidade de reuso para fins agrícolas e/ou florestais alguns padrões de qualidade (BAHIA, 2010).

No Estado do Rio de Janeiro, a cidade de Niterói publicou a Lei nº 2.856/2011 que institui mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas, o texto se restringe aos usos de lavagem de pátios, escadarias, jardinagem e descargas dos vasos sanitários, o documento cita ainda parâmetros de qualidade para essas atividades (NITERÓI, 2011).

Em 2013 a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) traz em seu texto o contexto sobre reuso e tem como objetivo estabelecer, de maneira integrada ou específica, os requisitos e critérios de desempenho para edificações habitacionais, como um todo integrado. A norma aborda instalações hidrossanitárias e propõem que as edificações possibilitem o reuso de água e considera dados de qualidade a serem seguidos para usos restritamente não potáveis. Os parâmetros avaliados pela norma são coliformes totais e termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente e pH (ABNT, 2013).

A Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014 publicada pelo Município de Campinas, no estado de São Paulo, teve como objetivo estabelecer modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reuso direto não potável de água, provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de sistemas públicos, para fins de usos múltiplos. O documento cita diversas atividades, inclusive aquelas voltadas para indústria e para fins urbanos como o Corpo de Bombeiros. A Resolução classifica as atividades em duas, sendo elas classe A (ao combate a incêndio e a lavagem automatizada externa de veículos) e classe B (irrigação paisagística, lavagem de logradouros, construção civil, desobstrução de galerias e redes de esgoto) a partir disso são estipulados padrões de qualidade distintos (CAMPINAS, 2014).

A Lei nº 16.174 de 22 de abril de 2015, da cidade de São Paulo teve como objetivo estabelecer regras e medidas para fomento ao reuso de água para aplicações não potáveis, e considera diversos tipos atividades. As águas são oriundas do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático. A Lei não estabelece nenhum parâmetro de qualidade, mas traz como uma das prerrogativas de uso que a qualidade físico-química e microbiológica da água esteja prevista e possua normas aplicáveis (SÃO PAULO, 2015).

Em 2016 o Estado do Ceará decretou a Lei Nº16.033 de 20 de junho que dispõe sobre a política de reuso de água não potável. A Lei abrange diversas atividades dos quais o reuso de água se destina, como fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais, aquicultura. Não se aborda limites de qualidade para cada atividade, no entanto é estabelecido dependências para o uso desse recurso, como: a caracterização do efluente a ser tratado; a identificação das atividades que admitem água de reuso; e a identificação da qualidade de água requerida para cada atividade descrita (CEARÁ, 2016).

No Distrito Federal a Lei nº 5.890 de 12 de junho de 2017 traz diretrizes para políticas públicas de uso de água não potável em edificações não industriais no Distrito Federal, no entanto, não estabelece padrões de qualidade a serem seguidos, mas direciona essa responsabilidade para o órgão regulador de água e saneamento. As atividades das quais a Lei permite o uso de água não potável são: irrigação paisagística; uso ornamental; sistemas de combate a incêndios; descargas sanitárias; lavagem de pisos, fachadas, veículos e roupas; e resfriamento de equipamentos e de ar-condicionado central, os critérios da água a ser utilizada deve ser estabelecido individualmente e considera cada aplicação, conforme dispõem a legislação em questão (DISTRITO FEDERAL, 2017).

Em 28 de junho de 2017 o Estado de São Paulo publicou a Resolução Conjunta SMA/SSRH nº01 que formalizou o reuso direto não potável de água provenientes de ETEs e revogou a Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014, referente ao Município de Campinas. O texto considera atividades como irrigação paisagística, lavagens de ruas e veículos, construção civil e combate a incêndio. São considerados padrões de qualidade e de monitoramento para categorias distintas de reuso, que corresponde ao uso com restrição moderada e severa (SÃO PAULO, 2017).

Em 2019 surge mais uma norma relacionada com o tema reuso, a NBR 16.783 (ABNT, 2019) aborda uso de fontes alternativas de água não potável em edificações e abrange diferentes tipos de atividades que compreendem descargas, lavagem de ruas e veículos, irrigação para fins paisagísticos, uso ornamental, sistemas de resfriamento de água e arrefecimento de telhados. São especificados parâmetros de qualidade para usos estabelecidos na norma, conforme Tabela 1 (ABNT, 2019).

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável segundo NBR 16.483/2019

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL

Parâmetros	Limite
Turbidez	≤ 5 UT
DBO _{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica ^a	≤ 2 000 mg/L ou ≤ 3 200 µS/cm
Carbono orgânico total (COT) ^b	< 4 mg/L

a. Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais.

Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais.

b. Somente para água de rebaixamento de lençol freático

Fonte: ABNT NBR 16.783/2019

Em fevereiro de 2020, o Estado de São Paulo realiza a reformulação da Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH N° 01, de 28 de junho de 2017, que considera a Resolução Conjunta SES/SIMA N° 01, que traz em seu texto modificações em relação à anterior, e considera, inclusive, a experiência acumulada no período da sua vigência (SÃO PAULO, 2020).

A Deliberação Normativa CERH-MG N° 65/2020, o Estado de Minas Gerais instituiu as diretrizes, modalidades e os procedimentos para uso de água de reuso proveniente de ETEs. A normativa apresenta modalidades do uso da água de reuso e obriga um cadastramento para produtores, além disso traz em seu anexo os padrões de qualidade a serem seguidos para modalidades agrossilvipastoris, urbanas e ambientais e a frequência das amostragens de monitoramento. As atividades classificadas como industriais foram de responsabilidade do consumidor, e considera o escopo da sua atividade e a necessidade de cada empreendimento (MINAS GERAIS, 2020).

Ainda no ano de 2020 foi estabelecida a Resolução n° 419/2020 com o objetivo de criar critérios e procedimentos para a utilização de água de reuso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul. A Lei preconiza dois tipos de classe e designa limites de parâmetros a depender da atividade, e são elas para fins urbanos, agrícolas e florestais, os valores para fins industriais foram subtraídas e recomendado que siga as especificações técnicas de cada atividade (RIO GRANDE DO SUL, 2020).

No mesmo ano o Estado do Rio de Janeiro sancionou a Lei n° 9.164/2020 que determina diretrizes e procedimentos para armazenamento e retardo da água da chuva em áreas urbanas.

Além disso, regulamenta a acumulação de água cinza clara para tratamento e uso em atividades que não exijam água potável, de acordo com as normas técnicas aplicáveis (RIO DE JANEIRO, 2020a). No mesmo ano o Decreto nº 47.403/2020 estabeleceu a Política Estadual de Reuso para fins não-potáveis, que teve como objetivo garantir a viabilidade e incentivar a prática do reuso no Estado do Rio de Janeiro, e permite, inclusive, sua comercialização, o decreto não fornece padrões de qualidade, mas define como competência do órgão ambiental estadual a regulamentação de normas operacionais (RIO DE JANEIRO, 2020b).

Em consonância com o estabelecimento dessas políticas o novo marco regulatório (Lei nº 14.026/2020) e as novas concessões para o saneamento, o estado do Rio de Janeiro obteve uma oportunidade significativa de alterar sua realidade, baseado em abordagens técnicas e responsáveis. É importante observar que, ao longo do tempo, as regulamentações e diretrizes para o reuso de água têm sido aprimoradas e atualizadas à medida que o conhecimento científico avança e novas práticas são desenvolvidas para garantir a segurança e a sustentabilidade do reuso da água.

No Estado do Rio Grande do Norte, em 30 de dezembro de 2022 foi instaurada a Lei nº11.332 que estabeleceu diretrizes para implementação da política de reuso de água não potável no Estado do Rio Grande do Norte. A Lei aborda em seu texto o fomento à pesquisa da aplicação do reuso de água. No geral, não são abordados padrões de qualidade no texto, em que são atribuídas a outros organismos o papel de fiscalização, monitoramento e penalidades na administração desse recurso (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).

A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), estabeleceu diretrizes para o aproveitamento ou reuso de água não potável em edificações no Distrito Federal, através da resolução nº 005, de 09 de maio de 2022. A resolução traz em seu texto definições, estipula os responsáveis e apresenta os limites para parâmetros de qualidade a serem seguidos de acordo com os usos previstos (ADASA, 2022).

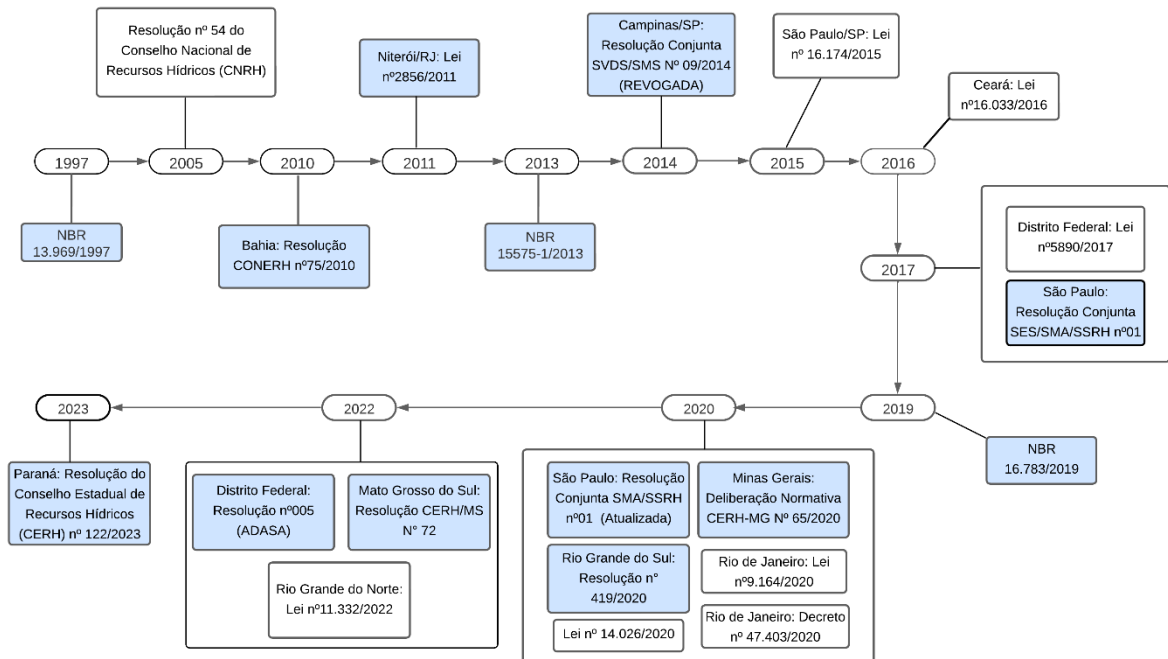
Ainda no ano de 2022, o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul), publicou a Resolução CERH/MS N° 72, de 15 de agosto de 2022, em que estabeleceu diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de ETEs de sistemas públicos e privados e dá outras providências. São explicitadas as modalidades passíveis de utilização de água de reuso, prevê cadastramento dos fornecedores e estipula padrões de qualidade a serem seguidos (IMASUL, 2022).

A legislação mais recente é considerada a Resolução Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) N° 122 de 19 de junho de 2023, da qual tem o objetivo de estabelecer diretrizes e critérios gerais para reuso de água no Estado do Paraná. Em seu texto são abordados

parâmetros de qualidade, que se refere a classes distintas e uma terceira consideração para reuso voltado para fins agrícolas e florestais (PARANÁ, 2023).

A Figura 1 demonstra o fluxograma da legislação aplicada ao reuso no Brasil abordadas no texto. Todos as leis que abordam parâmetros de qualidade foram evidenciadas na cor azul.

Figura 1 - Linha do tempo da legislação aplicada ao reuso de água no Brasil



Fonte: Autora, 2023.

2.3. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais inseridos na sociedade, com o objetivo de fornecer análises e informações pertinentes a diversas atividades. Sua grande oferta de funcionalidades permite que o programa se adeque a necessidades distintas. A espacialização de dados se desenvolve constantemente e teve como início o mapeamento do endereço de pessoas infectadas por cólera com a utilização de uma base cartográfica, o que permitiu a identificação de um poço de água contaminado, o feito ocorreu no ano de 1857, na cidade de Londres e teve como desenvolvedor o médico inglês John Snow (BOLFE; MATIAS; FERREIRA, 2008).

Os Sistemas de Informações Geográficas possuem diversas funcionalidades e abrangem uma variedade de ferramentas que permite manipulação e análise de dados. Seu

desenvolvimento, similar ao que conhecemos nos dias de hoje, teve início em 1960, e se altera de acordo com diversas necessidades que surgem, que vão desde o avanço da tecnologia até a necessidade de avaliação multidisciplinar que existe atualmente (BOLFE; MATIAS, 2008).

As aplicações dos *softwares* SIG na área ambiental são comumente utilizadas devido suas características interdisciplinares. A ferramenta é utilizada para análises diversas, que envolvem o meio ambiente natural e artificial, abrange dados geográficos que permitem análises espaciais e alfanuméricas e influencia em tomadas de decisões de gestores e agentes públicos (PEREIRA; COSTA; JÚNIOR, 2019).

Os *softwares* SIG evoluem continuamente, inclusive no quesito acessibilidade, o que antes era algo restrito a estudantes e grandes empresas, devido ao alto custo de acesso, atualmente ganhou popularidade devido ao desenvolvimento de softwares SIGs livres, que possuem a *General Public License* (GPL), permite a utilização livre, redistribuição, modificação e, mesmo, a venda de seu código, mas permanecendo de acordo, que implica em uma nota de copyright conservada, disponibilidade e fornecimento do código-fonte e fornecimento de um exemplar da licença.

O SIG é considerado um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real. De acordo com Câmara (2002) um SIG é composto por uma interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem; e banco de dados geográficos.

Os SIGs permitem a visualização, o questionamento, a análise e a interpretação de dados. A capacidade de se organizar entre camadas de diversos conteúdos configura a esses sistemas uma característica sistemática, que nos levam a relações, padrões e tendências, e possibilita ao usuário uma melhor gestão e tomadas de decisões mais rápidas e assertivas (ESRI, 2021).

2.4. Aplicações na área ambiental

Um Sistema de Informações Geográficas possui característica multidisciplinar e a possibilidade de adequar camadas com diferentes temas lhe confere um aspecto sistemático, muito característico de análises ambientais que necessitam de muitos dados de diferentes formas para análise de fenômenos e situações, como por exemplo: qualidade da água; áreas

desmatadas; focos de incêndio; saneamento e saúde; áreas com maior probabilidade de enchentes; análises para implantação de ETEs e aterros sanitários; entre outros.

O trabalho de Abd Ellah et al. (2022) demonstra que com a utilização de SIG e sensoriamento remoto é possível o monitoramento de lagos, resultando na previsão da mudança no volume, na área e na profundidade desses corpos hídricos, o que contribui para o desenvolvimento de pesquisas e tomadas de decisão voltadas a gestão de recursos hídricos.

Gonçalves et al. (2020) realizou uma análise espacial e o mapeamento das rotas de caminhão de coleta seletiva com uso de um *software* SIG com o objetivo de monitorar resíduos sólidos de saúde que trazem sérios riscos à saúde humana e comumente são enviados a cooperativas de reciclagem de maneira incorreta.

A localização de áreas para instalação de serviços voltados a melhora da qualidade do meio ambiente com ferramentas existentes em ambiente SIG também é muito utilizada, Villacreses et al. (2022) determinam a melhor área para implementação de parques solares fotovoltaicos, Sarmiento et al. (2020) mapeiam os aterros sanitários que possuem produção de biogás com foco na geração de energia elétrica no Brasil.

A identificação de áreas para instalação de ETEs com um *software* SIG também é aplicável, visto que esses locais precisam cumprir uma série de requisitos, como declividade, tipos de solos, perímetro urbano, entre outros aplicáveis a essa atividade (RIBEIRO et al., 2018; SANTOS; MATSUOKA, 2021).

2.5. Desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas

2.5.1 Modelo Conceitual

A modelagem conceitual compreende a parte do projeto lógico e é uma técnica utilizada para representar os conceitos, relações e restrições de um determinado domínio de conhecimento. Essa técnica é amplamente utilizada na engenharia de *software*, em especial no processo de análise e projeto de sistemas de informação. Seu objetivo é auxiliar no entendimento do domínio do problema e a identificar os requisitos do sistema. Com base nessa compreensão, é possível projetar soluções eficientes e eficazes que atendam às necessidades do negócio ou organização (FRANCK; PEREIRA; DANTAS FILHO, 2021).

Normalmente envolve a criação de diagramas que representam os conceitos e as relações de um sistema. Esses diagramas podem ser de vários tipos, como diagramas de classes, diagramas de entidade-relacionamento, diagrama de fluxo de dados, entre outros. É amplamente utilizado na modelagem de sistemas (BORGES; DAVIS JR; LAENDER, 2005).

A modelagem conceitual surgiu pela primeira vez na década de 1960, quando os primeiros sistemas de banco de dados começaram a ser desenvolvidos. Naquela época, o objetivo dos desenvolvedores era criar maneiras de representar as estruturas de dados de forma clara e precisa (SIMSION; WITT, 2005).

É uma técnica amplamente utilizada em vários campos, como desenvolvimento de *software*, engenharia de sistemas, gerenciamento de projetos, análise de negócios e análise de dados. Sua multidisciplinariedade se aplica, inclusive, no meio ambiente. Na gestão ambiental, a modelagem conceitual pode ser utilizada para criar modelos que representam as interações entre os diferentes elementos do ecossistema, como: animais, plantas, clima, solo e água (FRANCK; PEREIRA; DANTAS FILHO, 2021; SPADOTTO, 2022).

Os modelos conceituais ambientais podem ser utilizados para prever e analisar o impacto de mudanças ambientais, como a construção de estradas, a exploração de recursos naturais, as mudanças climáticas e a poluição. Esses modelos podem ajudar a identificar os impactos potenciais dessas mudanças e a desenvolver estratégias para minimizar seus efeitos negativos (FILHO et al., 2000; BORGES; DAVIS JR; LAENDER, 2005; LIMA; LOBATO; LEAL, 2011)

Além disso, a modelagem conceitual pode ser utilizada para rastrear e gerenciar informações ambientais, como a qualidade do ar e da água, o uso de recursos naturais e as emissões de gases de efeito estufa. Esses dados podem ser coletados por meio de sensores e outras tecnologias e armazenados em bancos de dados para posterior análise e modelagem, sendo assim uma ferramenta valiosa na gestão e preservação do meio ambiente (SILVA, 2020).

2.5.1.1 Modelagem de Dados

A modelagem de dados é uma técnica utilizada para representar as estruturas de dados de um sistema de informação, e permite a visualização das entidades, atributos e relacionamentos de um banco de dados de forma clara e precisa (SILVA, 2012). Se originou juntamente com o início do desenvolvimento de sistemas de computador, especialmente na

década de 1960, pois nessa época os primeiros sistemas de banco de dados começaram a ser desenvolvidos para lidar com grandes quantidades de dados e permitir que as empresas gerenciassem informações de forma mais eficiente (SIMSION; WITT, 2005).

Desde então, muitos outros modelos e técnicas de modelagem de dados foram desenvolvidos para lidar com a crescente complexidade dos sistemas de informação. A modelagem de dados é agora uma disciplina importante na área de sistemas de informação e é amplamente utilizada em vários campos, incluindo desenvolvimento de *software*, análise de negócios e análise de dados (BORGES; DAVIS JR; LAENDER, 2005).

A modelagem de dados permite que os desenvolvedores compreendam melhor a estrutura e os relacionamentos dos dados do sistema, pois é uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento de sistemas de informação. Com base nessa compreensão, é possível projetar soluções eficientes e eficazes que atendam às necessidades do negócio ou organização (FRANCK; PEREIRA; DANTAS FILHO, 2021).

Dentro dos modelos existentes na modelagem de dados, o modelo de entidade relacionamento apresenta características simples de representação. Pois, demonstra as entidades, os atributos, os relacionamentos entre as entidades, e a sua cardinalidade. As premissas de entidades, relacionamentos, atributos e a cardinalidade, são descritas, de acordo com Date (2004), como:

- Entidades são estruturas que se distinguem e precisam ser representadas dentro de um banco de dado, elas são descritas em retângulos, e são fundamentais, sua definição é caracterizada como algo do qual se queira registrar informações. É necessário o conhecimento de todos os objetos dentro de um sistema para caracterizar se uma determinada estrutura é considerada uma entidade, sendo um ponto central;
- Relacionamentos são representados por losangos dentro de um diagrama entidade relacionamento e estão conectadas as entidades por linhas de conexão. Estes remetem a forma como que uma entidade se relaciona com outra e trazem conceitos, como os de cardinalidade;
- Atributos são comumente representados por elipses e representam as qualidades da entidade. Esses precisam estar unidos a sua entidade por uma linha reta e geralmente vários atributos estão ligados a uma mesma entidade dentro da representação de um modelo. Eles se dividem em atributos simples, composto e multivalorados.

- Cardinalidade, em geral, pode ser descrita como o número de elementos de um conjunto. É atribuído ao termo 1,1 (um para um); 1,n (um para muitos); n,m (muitos para muitos).

2.5.1.2 Modelagem de Processos

A modelagem de processos é uma técnica utilizada para representar graficamente o fluxo de trabalho de uma organização, identificando as atividades, recursos e informações envolvidas em um processo. A modelagem de processos é frequentemente usada para melhorar a eficiência e a eficácia dos processos de negócios, identifica áreas onde a otimização pode ser alcançada e permite que as empresas identifiquem e resolvam problemas comuns (MIRANDA, 2010).

Existem determinados tipos de linguagens que podem ser utilizadas na modelagem de processo, dentre elas a *Unified Modeling Language* (UML), *Object Modeling Technique* (OMT), *Business Process Model and Notation* (BPMN) e o Diagrama de Fluxo de Dados (DFD). Dentre as diversas formas de modelar processos o DFD é uma técnica, que representa graficamente os processos dentro do sistema. Esses diagramas incluem símbolos que representam as atividades, decisões, documentos e outras informações envolvidas no processo. Além disso, o DFD é comumente utilizado com Diagramas Entidade Relacionamento, pois permite a construção do fluxo de dados e processos (Santos, 2017).

A modelagem de processos é amplamente utilizada em vários setores, como: manufatura, saúde, finanças e governo. A modelagem de processos pode auxiliar empresas na identificação de áreas de ineficiência, melhorar a qualidade do produto ou serviço, reduzir custos, aumentar a satisfação do cliente e melhorar a comunicação entre as partes interessadas (MIRANDA, 2010).

2.5.2 Modelo Físico

2.5.2.1 Modelo Relacional

Os primeiros sistemas de banco de dados eram baseados em arquivos e não tinham uma estrutura organizada e padronizada para armazenar dados, o que tornou complexo para os usuários recuperarem informações, e ocasionou problemas de redundância e inconsistência de dados. Logo, surgiram os primeiros modelos de dados de projeto físico, como o modelo hierárquico e o modelo em rede. Esses modelos permitiam que os desenvolvedores organizassem os dados de forma hierárquica ou em rede, e facilitava a recuperação e a manipulação dos dados. No entanto, esses modelos tinham limitações e eram difíceis de entender e manter. Isso levou ao desenvolvimento do modelo relacional de banco de dados, que se tornou a base para a modelagem de dados moderna (FOOTE, 2023).

O modelo relacional foi introduzido por Edgar F. Codd, um matemático britânico, em 1970. O modelo relacional utiliza tabelas para armazenar dados e relacionamentos entre essas tabelas para representar as relações entre os dados. Ele é baseado na teoria matemática de conjuntos e lógica relacional. É um modelo de dados para sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBD) que representa dados em forma de tabelas ou relações. Nele, as tabelas são compostas por linhas e colunas, onde cada linha representa uma entrada única de dados e cada coluna representa um atributo ou característica desse dado. As tabelas são nomeadas e cada uma possui uma chave primária, que é um identificador único para cada linha (DATE, 2004).

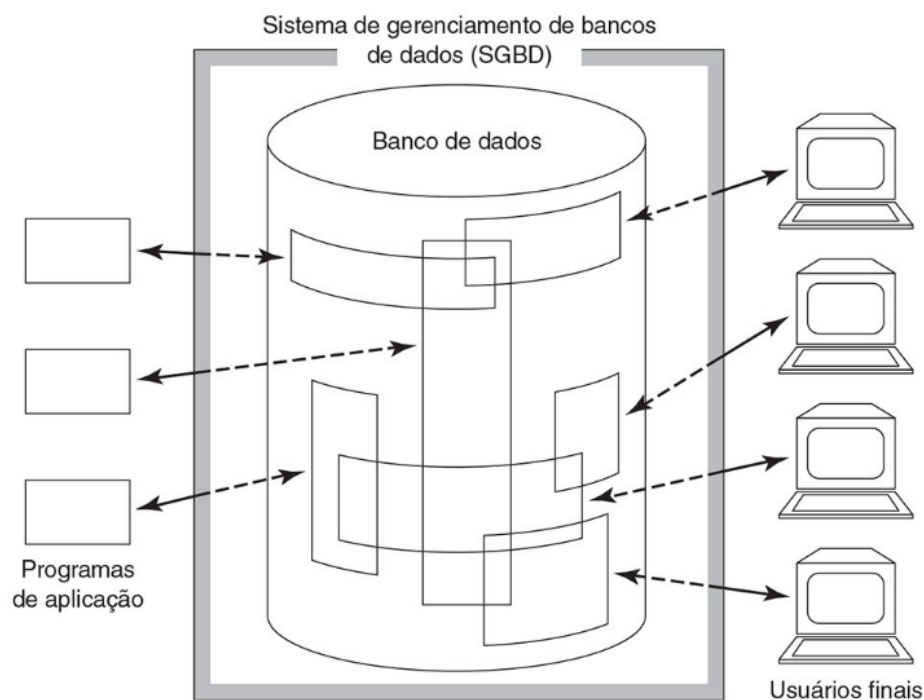
As tabelas são relacionadas entre si através de chaves estrangeiras, que são uma referência a uma chave primária em outra tabela. Isso permite que os dados sejam vinculados de forma lógica e eficiente, sem a necessidade de duplicar informações em várias tabelas. Uma das principais vantagens do modelo relacional é a sua simplicidade e facilidade de uso. As tabelas são fáceis de criar, visualizar e entender, o que torna a manutenção e a atualização dos dados muito mais simples. Além disso, o modelo relacional é altamente flexível e pode ser facilmente adaptado para atender às necessidades de negócios em constante mudança (RAMAKRISHNAN; GEHRKE, 2011).

O modelo relacional é amplamente utilizado em sistemas de gerenciamento de bancos de dados comerciais, como o Oracle, MySQL e Microsoft SQL Server, e é considerado uma das formas mais eficientes de armazenar e recuperar dados (CATARINO, 2023). Em resumo, o modelo relacional é um modelo de dados para SGBD que representa dados em forma de tabelas ou relações. Ele é amplamente utilizado em sistemas de gerenciamento de bancos de dados comerciais e é considerado uma das formas mais eficientes de armazenar e recuperar dados. Sua simplicidade, flexibilidade e facilidade de uso são algumas das suas principais vantagens.

2.5.3 Banco de Dados

O conceito de dados nos leva ao registro de um fato, e pode ser representado por símbolos numéricos ou alfanuméricos, e não nos remete a nenhum sentido. Esses dados quando processados fornecem um sentido do qual chamamos de informação. Ao armazenar uma série de dados relacionados em um único dispositivo computadorizado tem-se um banco de dados e a partir disso é possível a geração, consulta e a atualização da informação de uma forma mais rápida e objetiva (SILVA, 2012). A Figura 2 demonstra como ocorre a interface de um sistema de banco de dados.

Figura 2 - Sistema de Banco de Dados



Fonte: DATE (2004)

Um banco de dados necessita de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados – (SGBD) representado por *software* que permite a administração e o uso de uma variedade de conjuntos de dados. O SGBD vai disponibilizar a estrutura, tipo, formato e as restrições para os dados. Diversos são os tipos de sistemas para gerenciamento de bancos de dados, esses permitem que os usuários acessem e gerenciem os dados armazenados no banco de dados por

meio de uma linguagem de consulta, como a *Structured Query Language* (SQL) (RAMAKRISHNAN; GEHRKE, 2011).

A organização e estruturação de conjunto de dados permite aos usuários que armazenem, acessem, atualizem e gerenciem grandes quantidades de informações de forma eficiente e confiável. Esses sistemas são utilizados em várias aplicações, como: sistemas de gerenciamento de vendas e marketing, de recursos humanos, de clientes e muito mais. Eles são essenciais em muitos tipos de negócios e organizações, desde pequenas empresas até grandes corporações (SILVA, 2012).

Os Bancos de Dados Geográficos (BDG), são também conhecidos como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), essas ferramentas são fundamentais para a integração de dados preexistentes sobre temas como a gestão ambiental, pois viabiliza análises aprofundadas nesse campo e intervenções adequadas sempre que se fizerem necessárias. Segundo Zaidan (2017) um banco de dados geográfico pode ser conceituado como um sistema composto por *software* e *hardware*, coordenado por um grupo de indivíduos interconectadas com o mesmo propósito. Esse sistema utiliza dados georreferenciados para possibilitar a coleta, armazenamento, edição, processamento, análise e disponibilização dessas informações. O objetivo é permitir o planejamento e monitoramento de questões relacionadas ao espaço geográfico físico por meio dos produtos gerados, como arquivos digitais contendo mapas, gráficos tabelas e relatórios tradicionais.

Nessa perspectiva, os bancos de dados geográficos se destacam por suas particularidades em relação aos bancos de dados convencionais, uma vez que eles têm a capacidade de suportar feições geométricas em suas tabelas. Essa característica possibilita a realização de análises e consultas espaciais, ou seja, torna-se viável calcular áreas, distâncias, centroides, bem como realizar operações como a geração de *buffers* e outras atividades. Diante disso, é importante destacar a relevância de diferenciar os bancos de dados geográficos do geoprocessamento, pois o último é mais abrangente. Enquanto os bancos de dados geográficos se concentram no tratamento dos dados espaciais, o geoprocessamento engloba os métodos relacionados à geografia especial, o que inclui a coleta, o processamento e a manipulação dos dados obtidos (OUVERNEY, 2021).

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aliado ao geoprocessamento mostra-se evidente em diversos setores, pois abrange desde o planejamento urbanístico até o controle demográfico, e passa pelo gerenciamento do uso do solo e pela localização de municípios. Em geral, o conhecimento da localização exata onde os problemas ocorrem e a capacidade de visualizá-los espacialmente são de extrema utilidade, uma vez que facilitam

significativamente o entendimento da situação e nos proporcionam percepções sobre as possíveis soluções, se não as únicas (LANA et. al., 2022)

Para Ouverney (2021) um banco de dados hospedado na nuvem oferece maior agilidade e confiabilidade no sistema, além de significar uma redução de custos e erros, visto que melhora a imagem das organizações quanto a seus produtos. Ainda segundo o autor, é evidente que os bancos de dados desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de uma empresa, desde que estejam alinhados com suas normas, valores e missão.

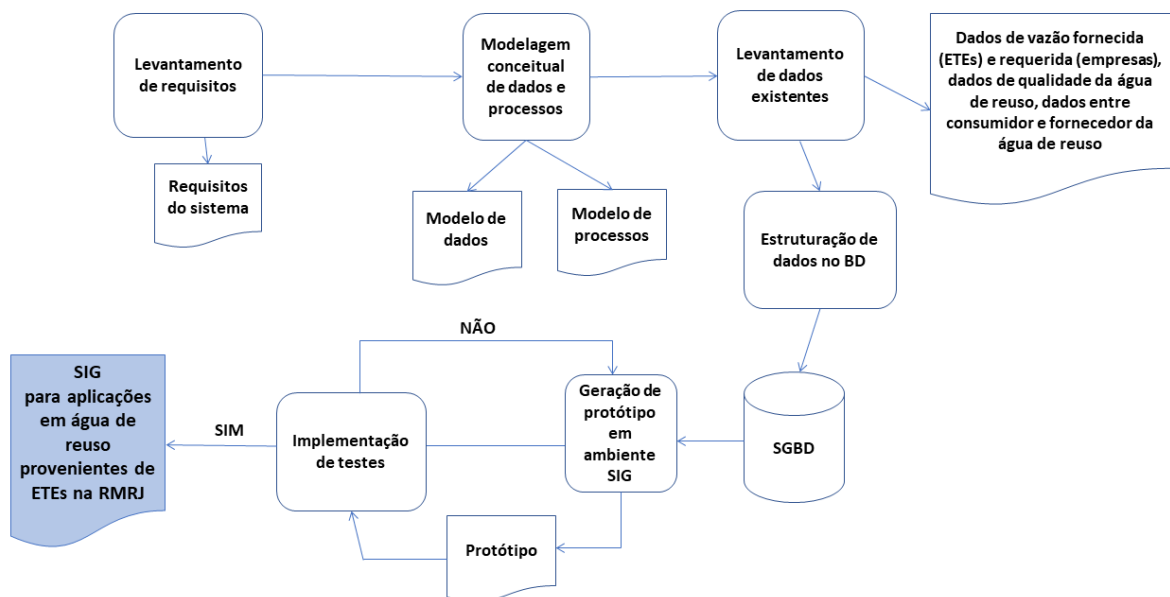
A segurança é uma consideração importante na gestão de bancos de dados, uma vez que muitos bancos contêm informações confidenciais ou privadas. Por isso, são aplicados atributos significativos, considerados pilares na questão da segurança da informação, como: integridade, disponibilidade e confidencialidade. As medidas de segurança incluem o controle de acesso, a criptografia de dados e a realização de *backup* regular dos dados para evitar perda de informações (MARQUES; CRUZ, 2021).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Fluxograma da pesquisa

A Figura 3 demonstra em forma de fluxograma as etapas metodológicas necessárias para criação de um SIG para água de reuso.

Figura 3 - Fluxograma metodológico da pesquisa



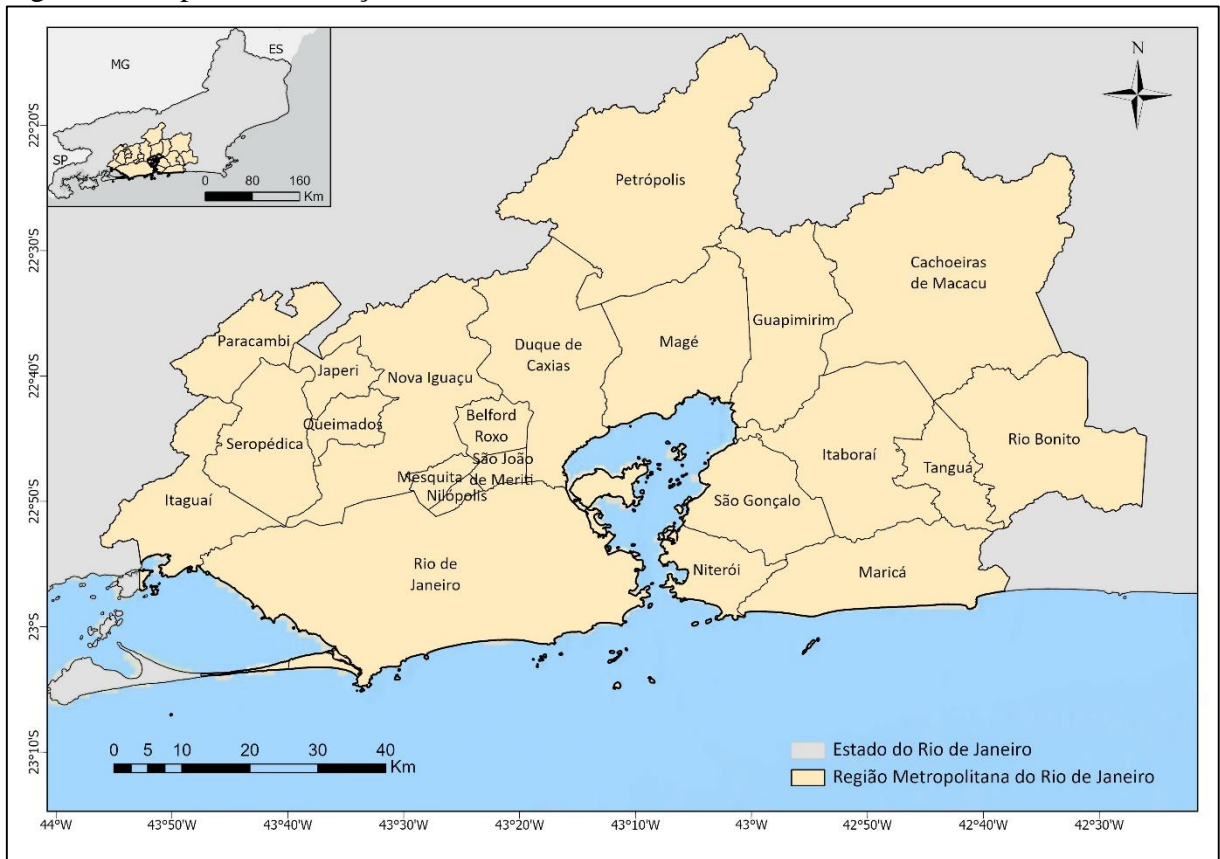
Fonte: Autora, 2023.

3.2. Área de estudo

O estudo utilizou como área para o projeto piloto a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, localizada na região Sudeste do Brasil, conforme apontada na Figura 4. Sua institucionalização ocorreu em 1974, mas em 2018 sofreu sua última modificação e atualmente é composta por 22 municípios: Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Rio Bonito, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João

de Meriti, Seropédica e Tanguá. A região é responsável por abrigar cerca de 75% da população do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2022).

Figura 4 - Mapa de localização da RMRJ



Fonte: Autora, 2023.

Base Cartográfica: IBGE, 2020.

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000.

3.3. Requisitos do Sistema

Para o desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas é necessário um levantamento dos requisitos que o sistema pode e deverá desempenhar, que considere deficiências de sistemas existentes e prevê as possíveis necessidades de procedimentos.

No geral, para processos de distribuição de água de reuso, o sistema utilizará principalmente análises de qualidade e quantidade do efluente disponibilizado pelo fornecedor e requerido pelo consumidor, além das distâncias envolvidas entre eles. Foram identificados dezessete requisitos, que contemplam também as necessidades funcionais do sistema.

3.4. Modelagem Conceitual

A modelagem conceitual aplicada no desenvolvimento de um SIG para água de reuso consistiu em adequar os requisitos levantados para a aplicação de um modelo conceitual. Posteriormente, deverá ser implementado e possivelmente modificado em busca do atendimento das necessidades do sistema.

3.4.1 Modelagem de Dados

A modelagem de dados foi desenvolvida a partir do diagrama de dados, conhecido como Diagrama Entidade Relacionamento (DER), em que foi possível a criação de entidades, seus atributos, relacionamentos e sua cardinalidade. Para construção do diagrama que permite uma melhor visualização dessas interações foi utilizada a ferramenta *online erd plus*, que é uma ferramenta de modelagem de banco de dados para criar diagramas e forneceu uma maneira prática e intuitiva na criação dos diagramas.

3.4.2 Modelagem de Processos

A Modelagem de Processos foi desenvolvida, inicialmente, considerando o diagrama de contexto e o Diagrama de Fluxo de Dados (DFD), em que, são elucidadas as entidades que podem se relacionar com o SIG desenvolvido e considera o que será inserido no sistema e o que poderá retornar aos interessados.

O diagrama de contexto foi desenvolvido para as principais entidades, que demonstram interesse no consumo e distribuição da água de reuso, além do controle e fiscalização dos recursos e sua importância na gestão de recursos hídricos. Para a modelagem de processos o termo “entidade” adquire sentido de instituição.

3.5. Modelo Relacional

O modelo relacional referente a modelagem de dados foi desenvolvido pelo programa *erdplus*. Primeiramente, foi gerado todo o diagrama de dados e posteriormente suas partes individualizadas, com o objetivo de demonstrar de maneira mais simples e organizada como eles se relacionam.

3.6. Banco de dados

O SGBD adotado no presente trabalho é o PostgreSQL, cujos requisitos de hardware são facilmente atendidos pela maioria dos computadores atuais. O PostgreSQL é um sistema de banco de dados objeto-relacional de código aberto, que se baseia e amplia a linguagem *Structured Query Language* (SQL). Esse sistema oferece uma ampla gama de recursos que permitem armazenar e dimensionar de forma segura cargas de trabalho de dados mais complexas (VILORIA et al., 2019). De acordo com Guarda et. al. (2020), o SGBD, PostgreSQL permite a execução de funções e consultas avançadas entre tabelas e catálogos. Essa capacidade possibilita o relacionamento entre tabelas do banco de dados e dados espaciais, como vetores e matrizes.

Contudo, é importante destacar que a centralização de dados em um único equipamento pode sobrecarregá-lo se houver um grande número simultâneo de requisições e grandes volumes de dados a preservar. Além disso, o acesso ao banco de dados só poderá ser feito por usuários previamente definidos. Um conjunto de regras precisa ser atribuído a qualquer novo usuário para determinar qual o papel que este exercerá no banco de dados e quais esquemas terá acesso. É importante salientar que não se deve confundir usuários do banco de dados com usuários em futuras aplicações.

Para aplicações que envolvam banco de dados geográficos foi necessário realizar a instalação do PostGIS que é uma extensão geoespacial de código aberto para o PostgreSQL. O PostGIS permite armazenar, consultar e analisar dados geoespaciais, o que torna o PostgreSQL uma plataforma para gerenciamento de informações geográficas e espaciais. O PostGIS é amplamente utilizado em aplicações que envolvem análise espacial, planejamento urbano,

gerenciamento de recursos naturais, logística, sensoriamento remoto, e outros campos que requerem o armazenamento e a análise de dados geoespaciais (GUARDA et. al., 2020).

A ferramenta de administração de banco de dados utilizada foi a pgAdmin4, que possui código aberto e é amplamente utilizada para gerenciar bancos de dados PostgreSQL. O pgAdmin4 fornece uma interface gráfica amigável e funcionalidades avançadas que facilitam o gerenciamento de bancos de dados PostgreSQL. O pgAdmin4 está disponível para várias plataformas, incluindo Windows, macOS e Linux. Ele oferece uma maneira conveniente e eficiente de gerenciar e interagir com bancos de dados PostgreSQL por meio de uma interface gráfica intuitiva (PGADMIN, 2023).

3.7. Obtenção de dados de potenciais consumidores e fornecedores de água de reuso

3.7.1 Consumidores potenciais de águas de reuso

Foram identificadas atividades que permitem o uso da água não potável, como: torres de resfriamento; água para geração de vapor; tamboreamento; amassamento de concreto; lavagem de veículos; lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins; descarga dos bacias sanitárias; e fins agrícolas e florestais.

Para as atividades identificadas foram selecionadas Leis, Normas e literaturas que fornecem um direcionamento da qualidade da água utilizada em cada tipo de empreendimento. O Quadro 1 demonstra a fonte para cada tipo de empreendimento utilizado que foi armazenado no banco de dados. Os parâmetros de qualidade estão listados no Apêndice 4.

Quadro 1 - Referência de parâmetros de qualidade da água de reuso por atividade

<u>Atividade</u>	<u>Fonte</u>
Torres de resfriamento	GIORDANO (2016)
Água para geração de vapor	GIORDANO (2016)
Tamboreamento	PAWAR (2005)
Amassamento de concreto	ABNT (2005)
Lavagem de veículos	NBR 13969:1997

Lavagem de Pisos, Calçadas e Irrigação de Jardins	NBR 13969:1997
Descarga em Bacias Sanitárias	NBR 13969:1997
Fins agrícolas e florestais	Resolução Consema Nº 419 de 13/02/2020 - Estadual - Rio Grande do Sul

Fonte: Autor (2023)

Os dados referentes a vazão dos consumidores foi estipulado e considerou o trabalho publicado pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017), nomeado como “Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos”, do qual utilizou-se o número de funcionários e o setor de atividades para estipular a quantidade de água consumida pela indústria. A equação 1 demonstra essa relação. Os valores obtidos estão relacionados ao consumo total de água, incluindo a potável, portanto o cálculo trata-se de uma forma de inferior ao valor real de água de reuso. O setor de atividade determina o coeficiente de retirada da equação. Os coeficientes de retirada utilizados estão descritos no Apêndice 5.

$$Q(l/s) = \left(\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de funcionários} \times \text{coeficiente de retirada}}{86.400} \right)$$

Foram utilizados apenas empreendimentos acima de 20 funcionários. Segundo o documento utilizado, o somatório entre o número de funcionários e o coeficiente de retirada, quando realizado dentro de um município, retorna o valor total dentro daquela localidade.

Informações sobre o setor de atividades e número de funcionários foram extraídos do cadastro industrial do Estado do Rio de Janeiro referente ao ano de 2015/2016, fornecidos pela FIRJAN, foram considerados todos os municípios da RMRJ. Os dados foram fornecidos no formato *Portable Document Format* (PDF), o que é incompatível para ser inserido no banco, assim como não possuíam informações de latitude e longitude. Logo, tendo em vista um banco de dados geográficos tornou a informação muito restrita e sem possibilidade de análises espaciais. Portanto, foram necessárias algumas adequações que consistiram na mudança do formato do dado de PDF para Excel e obtenção dos dados de latitude e longitude.

Para conversão dos documentos em PDF para Excel foi necessário a utilização de linguagem de programação em *Python*, o código utilizado é o código 1 que está descrito no Apêndice 2, usando o exemplo do município de Belford Roxo.

Depois de convertido os arquivos em PDF para Excel foi preciso a verificação de alguns dados que ficaram faltando. O código utilizado demonstrou erro para as empresas que

apresentavam quebra de página, então algumas informações foram complementadas de maneira manual.

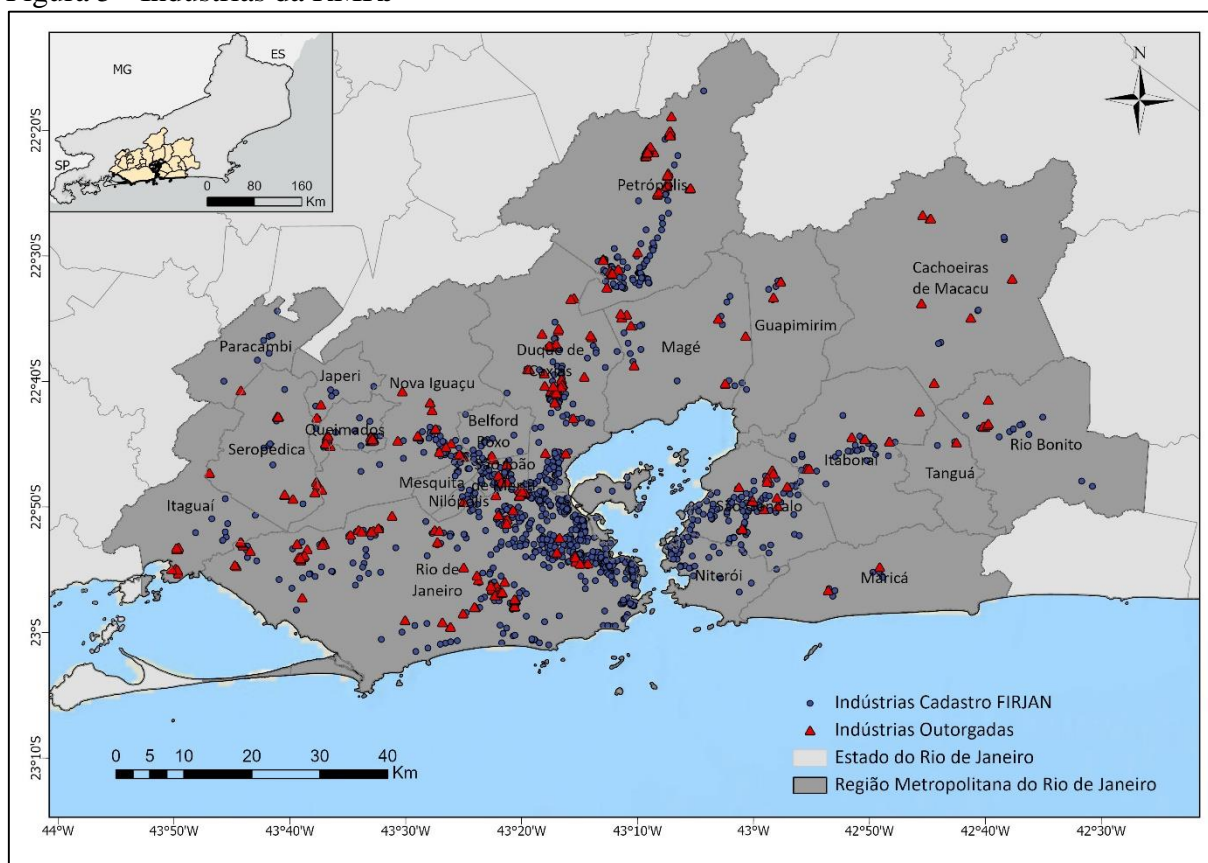
Após a conversão a nova etapa consistiu na obtenção dos dados de latitude e longitude de cada empreendimento. Para tal, foi necessário o usuário obter um acesso ao *google* e posteriormente acessar o *sheets google*. Nessa planilha, foram criadas três colunas, correspondendo a endereço, latitude e longitude. Logo em seguida, utiliza-se o menu no caminho de “extensões” e em seguida “*app scripts*”, deve-se apagar o que vem na planilha e colar o código 2 descrito no Apêndice 2.

Depois de inserido o código é necessário que seja salvo a planilha. Após essas ações é necessário retornar a planilha criada e seguir o caminho: extensões, macro, importar macro. Nessa aba deve-se adicionar a função “*addressToPosition*”. Em seguida, selecione toda a planilha e clique na opção da função adicionada, encontrada na aba extensões, macros.

Ao todo foram apresentadas 1365 empresas com os dados dos arquivos fornecidos pela FIRJAN. Além disso, foram obtidas as vazões de uso de recursos hídricos outorgadas para fins industriais, esses dados foram fornecidos pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), a partir da parceria com a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), para desenvolvimento do livro “Panorama geral das oportunidades de reuso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos”, foram ao todo disponibilizados 347 outorgas válidas para análise da oportunidade de reuso.

A Figura 5 demonstra a distribuição dessas duas fontes de dados. Os produtos foram gerados para as duas fontes de maneira individual. Pois um está relacionado a dados de outorga e o outro a vazão de consumo total do empreendimento, estimado através da atividade do e do número de funcionários. Logo, optou-se pela utilização dessas duas fontes para demonstrar formas diferentes de análise. Além disso, é possível comparar as mesmas áreas para dados diferentes.

Figura 5 - Indústrias da RMRJ



Fonte: Autora, 2023.

Base Cartográfica: IBGE, 2020.

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000.

3.7.2 Fornecedores potenciais de águas de reuso

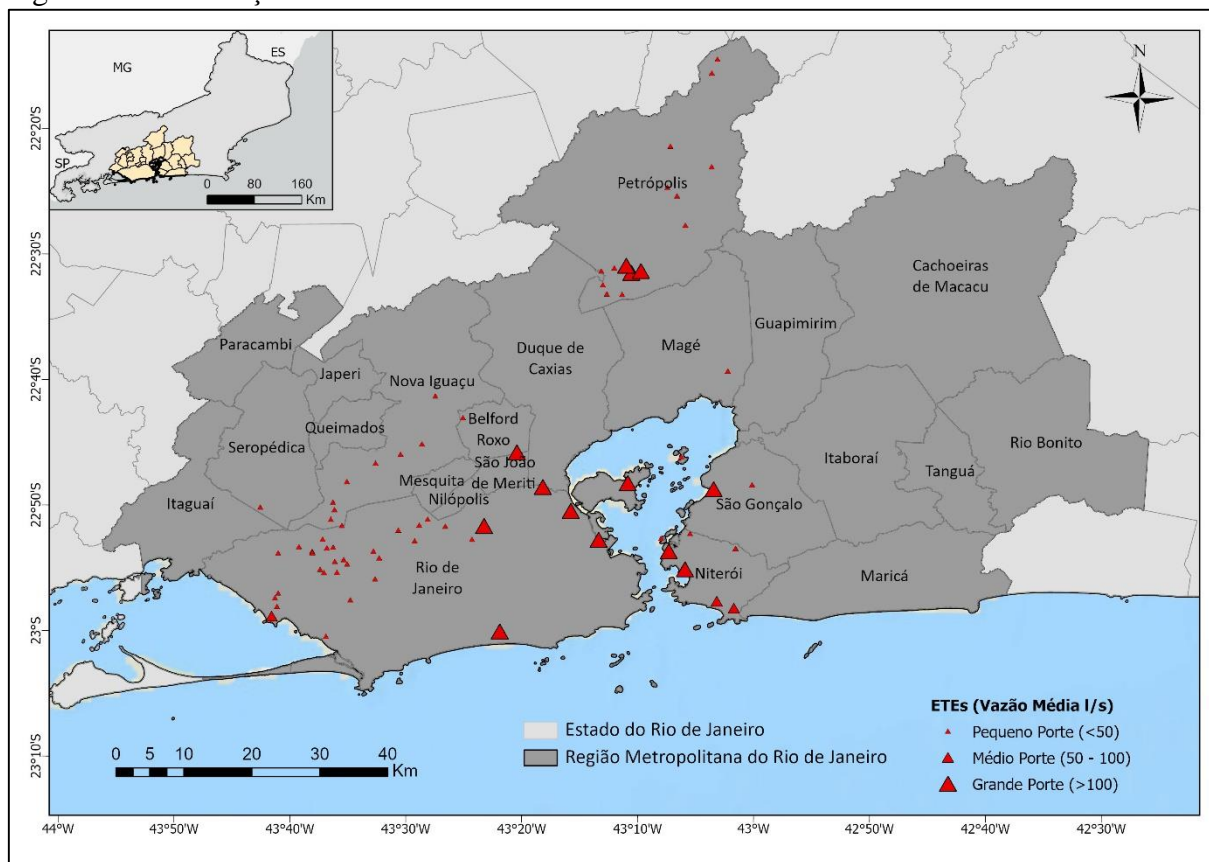
Foram disponibilizados dados de qualidades de água de ETEs da RMRJ por meio de solicitação ao INEA. As concessionárias têm a obrigatoriedade de reportar seus dados de qualidade do efluente tratado para o órgão fiscalizador. Atualmente, esse controle é realizado pelo Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos do Inea (PROCON ÁGUA) e cada ETE tem sua particularidade considerando a frequência de dados reportados e dados de qualidade do efluente tratado. O SIG desenvolvido tem caráter de projeto piloto, e devido à dificuldade na acessibilidade de dados atualizados e na deficiência de algumas informações, como por exemplo dados de qualidade da água de reuso solicitados por diferentes tipos de empreendimento.

A periodicidade do fornecimento de dados de qualidade da água das ETEs ao órgão ambiental pode variar. Para efeitos de comparação de dados, no projeto piloto, foram adotadas

as médias dos parâmetros fornecidos pelo órgão ambiental. A partir da obtenção de dados e das considerações aplicadas, foram elaboradas planilhas em Excel para *input* dos dados que serão avaliados, conforme as restrições de cada atividade com o objetivo do atendimento de requisitos levantados.

Os dados de vazão utilizados foram disponibilizados pela SEAS através de uma parceria com a UERJ para o desenvolvimento do livro “Panorama Geral das Oportunidades de Reuso Para Fins Industriais no Estado do Rio de Janeiro a Partir dos Efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos”. Conforme descrito no texto os dados são referentes ao Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos do Inea (Procon Água) (2019-2021); ICMS Ecológico (2020); Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – Atlas Esgotos (ANA, 2017) – (2013-2017); Estudos/Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB) (2000-2021); Empresas/Concessionárias (2000-2021) (RIO DE JANEIRO, 2022). A Figura 6 ilustra a distribuição das ETE's na RMRJ.

Figura 6 - Localização das ETE's na RMRJ



Fonte: Autora, 2023.

Base Cartográfica: IBGE, 2020.

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000.

3.8. Implementação do roteamento

Um dos requisitos do sistema diz respeito a localização de consumidores e fornecedores potenciais de águas de reuso, do qual se avalia a menor distância em vias públicas. Para implementação desse requisito foram necessários dados de latitude e longitude de consumidores e fornecedores. Após inserção desses dados no banco, foi aplicada a extensão do *PostGIS*, *pgRouting* e a função *pgr_dijkstra* com uso do código em linguagem *Structured Query Language* (SQL) para desenvolvimento do requisito proposto.

3.9. Implementação da análise de demandas de água de reuso

Para análise de demanda de água de reuso foram utilizados os dados disponibilizados pela FIRJAN e pela SEAS. Foi utilizado o indicador de expressividade em relação à vazão industrial demandada. Esse indicador é medido em termos de vazão industrial demandada, para modelar a superfície de demanda por água de reuso. A expressividade é entendida como um indicador da relevância da demanda em um ponto específico em comparação com a região circundante, delimitada por uma distância radial de busca. Com base nesse indicador, é possível o desenvolvimento de dois tipos de mapas de expressividade: global e local. Esses mapas variam de acordo com os parâmetros utilizados em sua computação. (RIO DE JANEIRO, 2022).

Os mapas de expressividade global levam em consideração a soma da vazão de todas as indústrias na RMRJ, não se restringindo apenas às inseridas no raio de cobertura de uma determinada Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Por meio dessa abordagem, é possível entender quais regiões na RMRJ se destacam em relação às demais. Vale ressaltar que o destaque não precisa estar vinculado aos limites municipais, podendo ocorrer em grupos ou partes específicas de municípios onde a expressividade é mais significativa (RIO DE JANEIRO, 2022).

O cálculo do mapa de expressividade local é baseado no percentual da vazão necessária por uma indústria que possui outorga, considerando todas as indústrias dentro do alcance de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Esse indicador visa realizar uma análise da distribuição das oportunidades sob a perspectiva do provedor. Assim, à medida que o raio de

cobertura se expande para atender possíveis demandas, destacam-se as regiões que concentram mais demanda em sua proximidade. A expressividade local possibilita a identificação e localização de áreas industriais com maior destaque percentual na vazão outorgada em cada raio de cobertura para as ETEs. Em outras palavras, torna viável reconhecer a proximidade de cada ETE em relação aos principais potenciais consumidores de água para reuso, dentro dos raios de cobertura empregados (RIO DE JANEIRO, 2022).

Esse indicador considera a soma das vazões de todas as indústrias na RMRJ. Por meio dessa abordagem, é viável identificar as áreas que se sobressaem para demanda de água de reuso em relação às demais na RMRJ. Vale ressaltar que a superfície analisada não está necessariamente vinculada aos limites territoriais, permitindo destaque para grupos ou partes específicas de municípios onde a expressividade é mais relevante (RIO DE JANEIRO, 2022).

Para aplicação desse indicador é utilizado a análise de densidade de Kernel. A utilização da análise de densidade de Kernel desponta como uma ferramenta promissora para auxiliar na avaliação da distribuição espacial. O estimador de densidade de Kernel é uma ferramenta probabilística que converte uma distribuição de pontos em uma superfície de densidade e facilita a identificação visual da concentração de um evento e sua distribuição espacial (BAILEY E GATRELL, 1995).

Para aplicação da ferramenta, foi utilizada a configuração de um tamanho de *pixel* igual a 50, além de estipular um raio de 10 km, o método de interpolação utilizado foi quártico. O parâmetro considerado para o peso aplicado na análise seriam os dados de vazão. Na simbologia dos mapas foi definido a utilização do método quartil com 5 classes.

Nas análises de estudo de vazão de demanda de água de reuso com dados disponíveis pela SEAS, foram utilizadas categorias definidas por uma escala de cores que transita do azul mais claro ao mais escuro nos mapas de expressividade apresentados. Essa escala representa intervalos desde as menores até as maiores intensidades da demanda industrial. Além disso, nos mapas elaborados, para impedir a interferência de *outliers* no processo, foram demarcadas as empresas responsáveis pelos valores de demanda de água muito alto. Dessa forma, a localização delas é pontuada, no entanto elas não são incluídas na análise de expressividade.

4. RESULTADOS

4.1. Requisitos do Sistema

De maneira a iniciar o processo da criação de banco de dados geográficos para água de reuso, foram levantados os requisitos do sistema. Os requisitos são baseados no que se espera que o sistema possa responder e conseqüentemente toda a modelagem e coleta de dados é realizada a partir desses. Os requisitos estão descritos principalmente em análises de vazão demandada e fornecida, qualidade da qual se pretende para uma determinada atividade e distâncias entre os consumidores e fornecedores da água de reuso (SILVA et al., 2019). Abaixo foram enumerados os requisitos para o sistema.

1. O sistema deve permitir a consulta da ETE mais próxima que poderia fornecer uma vazão de água de reuso com parâmetros de qualidade da água de reuso atendendo aos limites para uma determinada atividade, visando fornecer a demanda de um *cluster* de empreendimentos situados em uma região;
2. O sistema deve permitir a consulta de toda a produção de uma determinada ETE que produza dois tipos de reuso: A (ex.: caldeiras) e B (ex.: arrefecimento);
3. O sistema deve permitir a consulta dos potenciais consumidores de água de reuso que não possuem outorga de água e que sejam mais viáveis, considerando distância e demanda, por caminhão pipa ou adutora;
4. O sistema deve permitir a consulta do caminho mais curto para uma adutora ou caminhão pipa para atender uma determinada demanda de água (para uma atividade específica). Pode ser limitada pela produção de água de reuso da ETE ou pela demanda, por exemplo: indústrias de transformação em um raio de 20 km;
5. O sistema deve permitir a consulta dos quartéis de bombeiros que é possível atender simultaneamente a partir das águas geradas por uma determinada ETE (Por exemplo: Quais as ETEs seriam mais viáveis para atender aos quartéis A, B, C, etc.);

6. O sistema deve permitir a comparação de alternativas de abastecimento, por exemplo qual a alternativa mais viável para atender uma determinada demanda de água;
7. O sistema deve permitir identificar os potenciais consumidores que não possuem outorga de água e que desejam comprar toda a produção de água de reuso de uma determinada ETE;
8. O sistema deve permitir a determinação de um índice (m^3 tratado por metro de rede coletora ou por hectare de bacia contribuinte). Com base no referido índice determinar a expansão da rede para atender a demanda de empreendimentos a partir de uma determinada ETE
9. O sistema deve informar os potenciais consumidores em torno da ETE num raio estipulado pelo usuário, esses consumidores poderiam absorver a produção de água de reuso a partir de parâmetros de qualidade de água de reuso necessários;
10. O sistema deve permitir o registro de dados de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE);
11. O sistema deve permitir análise de demanda e oferta da região de estudo;
12. O sistema deve permitir o registro de dados de Empresas potenciais consumidoras de água de reuso;
13. O sistema deve permitir o registro de dados de quartéis do Corpo de Bombeiros no Estado do Rio de Janeiro;
14. O sistema deve permitir o registro de dados de Garagens e/ou Terminais de Manutenção de empresas, tais como a SUPERVIA, Metro, etc;
15. O sistema deve permitir o registro de dados de Aeroportos localizados no Estado do Rio de Janeiro;
16. O sistema deve permitir o registro de dados de Terminais aeroportuários, rodoviários e ferroviários;
17. O sistema deve permitir o registro de dados de Tipologia das Águas de Reuso.

4.2. Modelagem de Dados

O diagrama de dados de todo o sistema se apresentou de maneira extensa. Para uma melhor visualização foram realizados recortes do DER, para melhor visualização. A Tabela 2 demonstra as entidades do modelo e o relacionamento existente entre elas, além da cardinalidade desse relacionamento.

Tabela 2 - Tabela de Entidades e Relacionamentos

Nome do Relacionamento	Cardinalidade	Entidade 01	Entidade 02
Possuir	1:n	Consumidor	Documento_Outorga
Ocupa_EE	1:1	ETE	Edificação
Ocupa_CE	1:n	Consumidor	Edificação
Estabelece	n:m	Água de Reuso	Parametros_Legislação
Possui	n:m	Tratamento	Par_Qualidade_Tratamento
Lancar_CH	1:n	Corpo Hídrico	Tratamento
Gera_AR	n:m	Tratamento	Água de Reuso
Efetua	n:m	Tratamento	ETE
Gerencia	1:n	Concessionaria	ETE
Contem_ETEBairro	1:n	Bairro	ETE
Contem_BairroAreasPlan	1:n	Áreas de Planejamento	Bairro
Contem_AreasPlanMun	1:n	Município	Áreas de Planejamento
Possui	1:n	Bairro	Via
Abastece	n:m	Consumidor	ETE

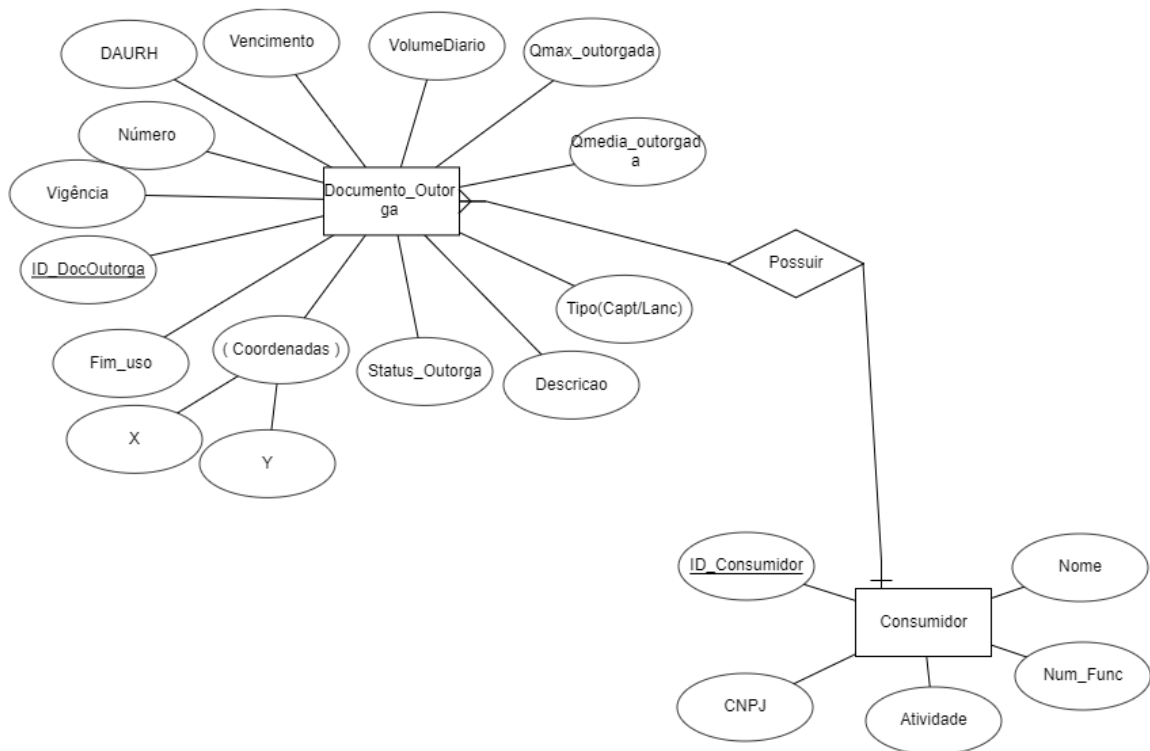
Fonte: Autora, 2023.

A Parte I do diagrama (Figura 7) foi representada pelo consumidor e a sua outorga. Uma empresa que retira água de um corpo hídrico necessita requisitar ao órgão ambiental responsável uma outorga, que autoriza ao interessado o direito de utilizar um volume determinado (CARMO et. al., 2007; INEA, 2023), logo um consumidor pode possuir uma outorga, que representa o relacionamento entre eles. A Figura 7 demonstra a Parte I do diagrama entre essas duas entidades, seus atributos e o relacionamento entre eles.

A cardinalidade dessas entidades foi estipulada como 1:N, pois um consumidor pode possuir uma outorga de consumo e uma de lançamento em um corpo hídrico. Para o desenvolvimento de um SIG piloto de água de reuso a informação de outorga é importante para a gestão, pois é possível mapear os corpos hídricos que disponibilizam água e os consumidores, além de considerar valores desse recurso para planejamento de controle e racionamento (ANA, 2021). A disponibilidade desses dados em uma plataforma SIG permite diversas manipulações de dados com posterior desenvolvimento de pesquisas, além de melhorar a gestão dessas informações.

A outorga está relacionada a uma série de informações referente a cada consumidor. A retirada de água pode significar uma cobrança, que segundo Faria et al. (2021) pode ser insignificante, o que corrobora para a desvalorização da utilização de água de reuso nos processos. Além disso, frequentemente o corpo hídrico não possui qualidade suficiente para atender uma determinada atividade devido a regiões urbanizadas, sendo necessário aplicação de tecnologias de tratamento (RIBEIRO, 2008).

Figura 7 - Parte I do DER

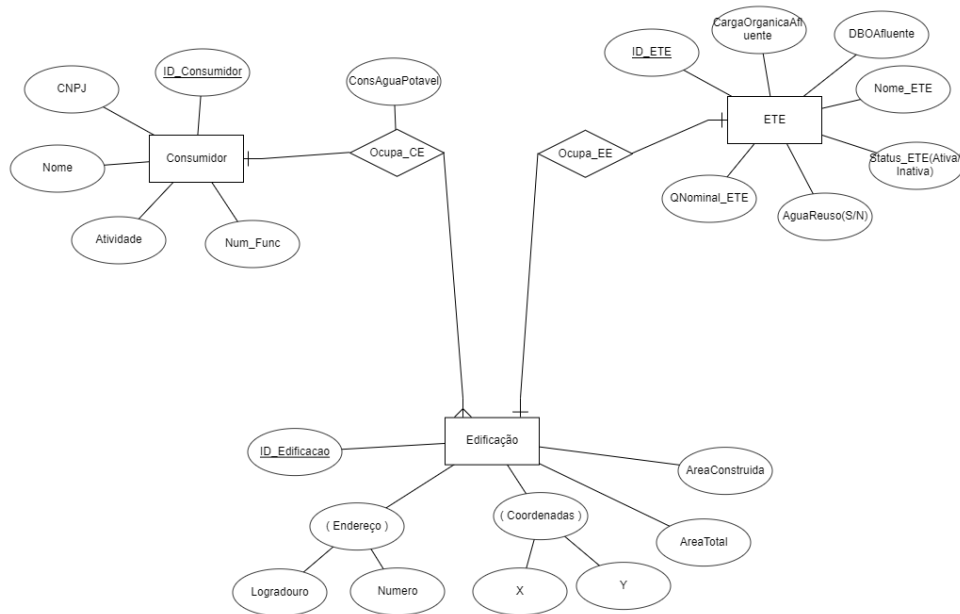


Fonte: Autora, 2023.

As principais entidades de um SIG de água de reuso estão representadas pelo consumidor e a ETE. Essas duas entidades possuem uma referência espacial, que necessita de uma estrutura fixa. Logo, elas possuem um espaço físico com endereço e informações como área construída, área total e suas coordenadas. A Parte II do DER está relacionada com a identificação dessa estrutura, caracterizada na Figura 8.

A cardinalidade do relacionamento entre ETE e edificação foi definida como 1:1, pois a ETE é uma estrutura física e pode se alocar em apenas um endereço de edificação. Para Consumidor e Edificação a cardinalidade existente ficou como 1:N, acredita-se que o consumidor pode ser uma pessoa jurídica que ocupa diversas edificações, sendo elas operacionais e/ou administrativas.

Figura 8 - Parte II do DER



Fonte: Autora, 2023.

Toda ETE efetua o tratamento do seu efluente de acordo com a necessidade do corpo hídrico em que será lançado seu efluente final e considera a legislação aplicável, que no âmbito do Estado do Rio de Janeiro é considerada uma das mais restritivas do país (FARIA et al., 2021). Esse tratamento pode compreender um tratamento primário, secundário e/ou terciário, além de uma etapa voltada para utilização da água de reuso, que recorrentemente consiste na aplicação do hipoclorito de sódio para desinfecção.

Além disso, todo tratamento possui seus parâmetros de qualidade da água, a cada um desses está associado a um nome e um valor a ser atingido para que esse efluente esteja devidamente apto para lançamento, é necessário considerar a multiplicidade de parâmetros e tratamentos, esse relacionamento foi caracterizado com uma cardinalidade de N:M, porque cada tipo de tratamento possui diversos tipos de parâmetros de qualidade a serem verificados.

As entidades ETE e tratamento possuem um relacionamento com cardinalidade de N:M, visto que a estação pode ter diversos tipos de tratamento sendo eles primário, secundário e terciário e os tratamentos podem se repetir em diversas estações

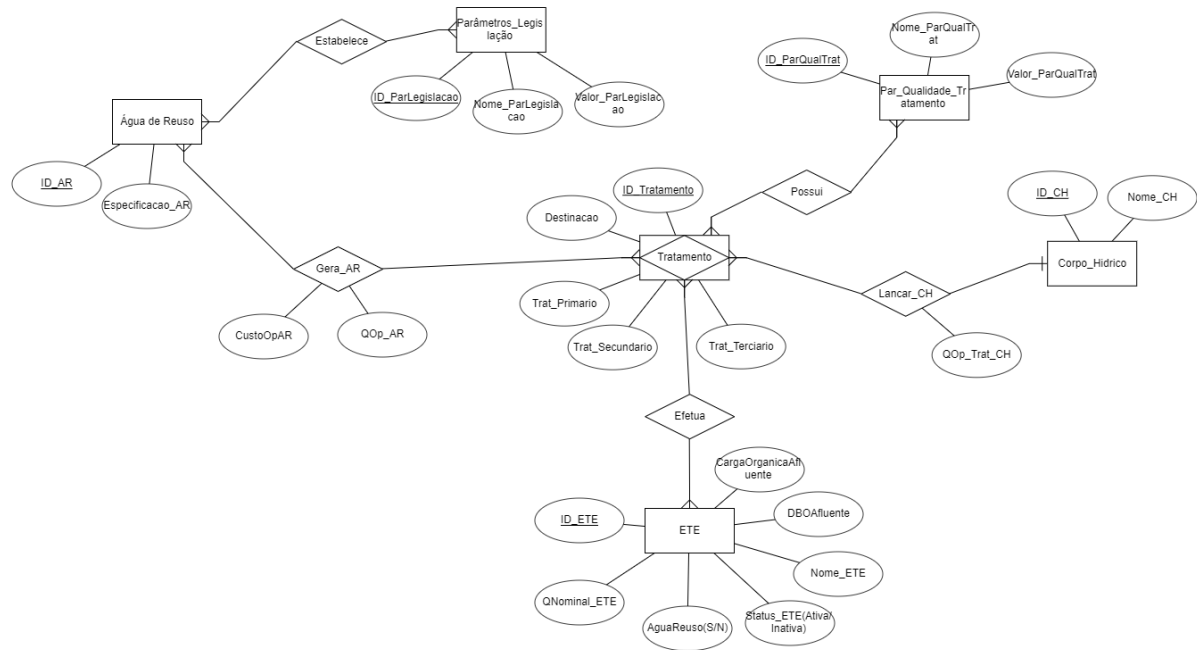
Com o tratamento efetuado obtêm-se a geração de água de reuso, da qual devem ser estabelecidos parâmetros de qualidade de água, esses parâmetros devem seguir limites que são preconizados na legislação. Atualmente, apesar da grande notoriedade dada ao tema, não existe um documento com caráter legislador para o Estado do Rio de Janeiro que regula o uso da água de reuso a partir de parâmetros devidamente estabelecidos de acordo com cada atividade. Logo,

na etapa inicial de desenvolvimento tal recurso deverá ser implementado conforme levantamento da literatura e normativas. A Figura 9 demonstra todo o esquema de entidade, relacionamento e atributo existentes dentro da Parte III do DER.

O relacionamento “Lancar_CH” existente entre tratamento e corpo hídrico teve sua cardinalidade como 1:N (Figura 9), pois um corpo hídrico pode receber lançamentos de efluentes de várias ETEs, no entanto uma ETE tem seu lançamento em apenas um corpo receptor. A entidade “Tratamento” e “Água de Reuso” possuem cardinalidade de N:M, pois um tratamento pode gerar água de reuso para diversas finalidades. Apesar da falta de parâmetros legais orientadores, foram consideradas diretrizes que direcionam a parâmetros de qualidade da água de reuso que atendem a diversas atividades, os parâmetros de qualidade da água de reuso variam de acordo com a atividade de destino e estão descritos nas Tabelas do Apêndice 4. O relacionamento entre “Parâmetros_Legislação” e “Água de Reuso” tiveram sua cardinalidade como N:M, pois foi considerado que uma água de reuso pode apresentar diversos tipos de parâmetros da legislação que necessitam ser atingidos.

A entidade “Par_Qualidade_Tratamento” refere-se à qualidade do efluente tratado na ETE é um parâmetro a ser monitorado e possivelmente aplicado em estudos e pesquisas, além de refletir o tratamento aplicável na estação avaliada. Todo tratamento possui parâmetros de qualidade para seu efluente final e a cardinalidade do relacionamento existente é considerada como N:M, baseado no fato de que existem diferentes tipos de tratamento e estes apresentam diferentes limites de parâmetros de qualidade.

Figura 9 - Parte III do DER



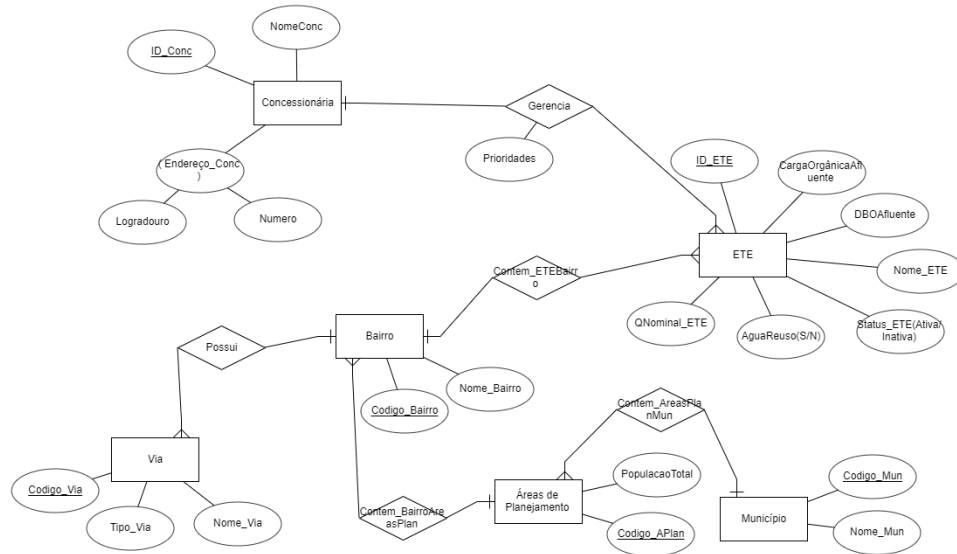
Fonte: Autora, 2023.

A Figura 10 apresenta a configuração da Parte IV do DER, em que demonstra que todas as ETEs são gerenciadas por uma concessionária, sendo assim sua cardinalidade foi considerada como 1: N. Normalmente, uma mesma concessionária administra diversas estações e podem direcionar seus recursos de maneira a considerar prioridades.

Para a gestão dos recursos hídricos, é importante que a modelagem de dados tenha a divisão territorial (limites regionais, municipais, estaduais, etc) da área de estudo, para que possam ser implementadas tratativas distintas. O agrupamento dessas áreas pode ser feito por bairros, municípios e áreas de planejamento. É possível que um bairro seja atendido por mais de uma estação, sendo assim, a cardinalidade entre essas entidades resulta em 1:N

Além disso, é necessário a identificação da posição dos diversos tipos de via, pois atualmente no ERJ a comercialização de água de reuso, ainda que baixa, é feita por caminhões pipa. Logo, a definição do melhor trajeto pode considerar vias de trânsito rápido.

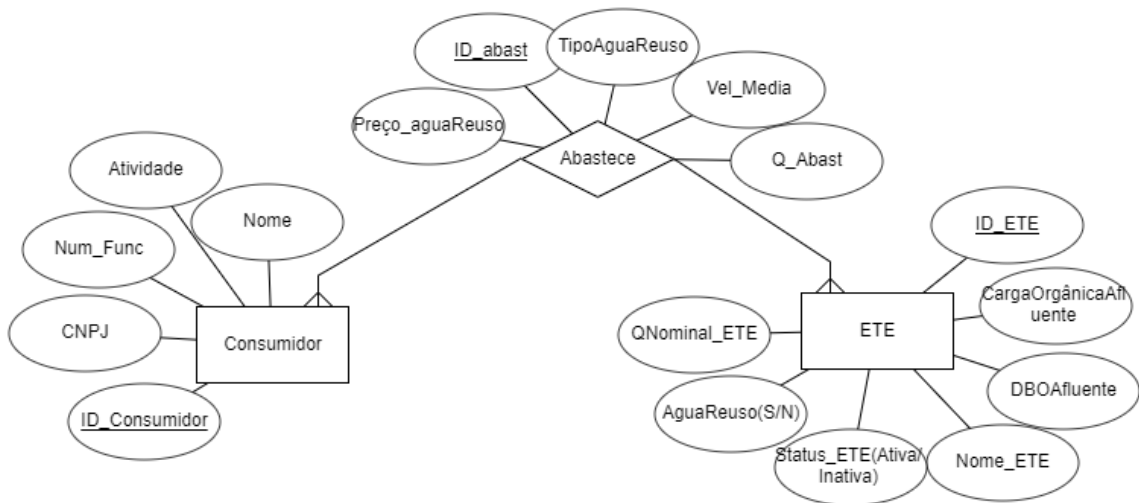
Figura 10 - Parte IV do DER



Fonte: Autora, 2023.

Em um SIG para água de reuso considera-se que uma ETE abastece o consumidor com a sua água proveniente do tratamento de efluentes, da qual necessita de informações como: preço, para entender a viabilidade de recurso; o tipo de água de reuso, que precisa ser definido de acordo com a atividade e estabelecido parâmetros a serem atingidos; a vazão de abastecimento, para saber se a estação é capaz de atender as necessidades do consumidor; e a velocidade média do caminhão pipa. A Figura 11 demonstra a interação entre os agentes envolvidos.

Figura 11 - Parte V do DER



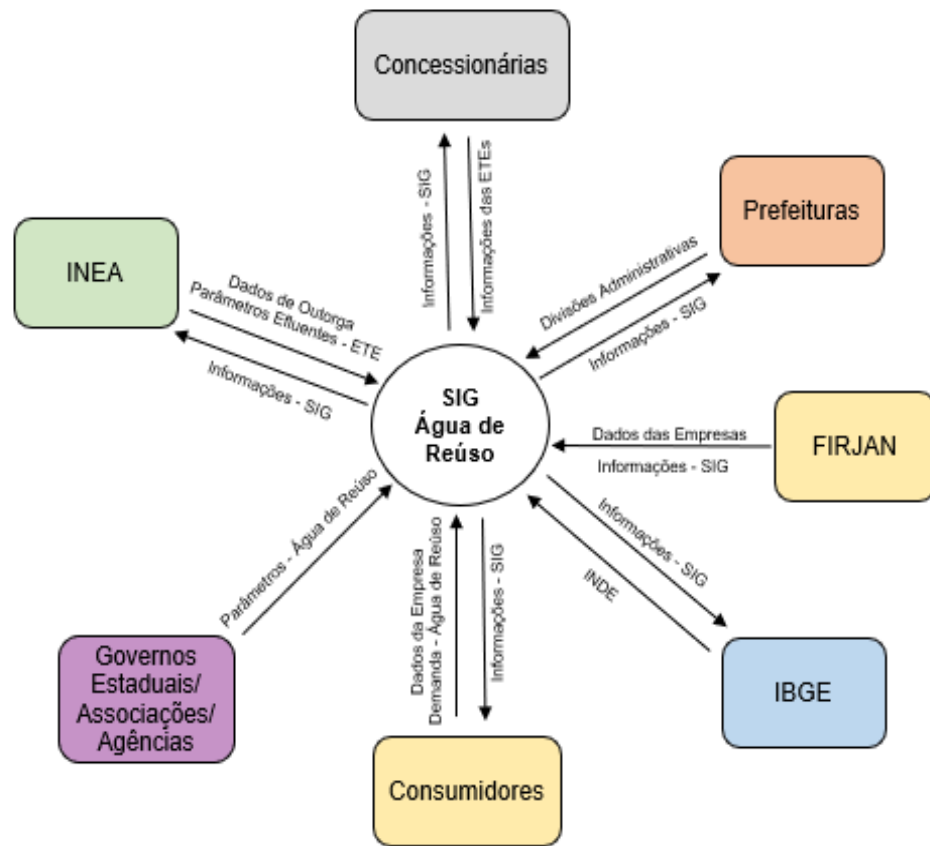
Fonte: Autora, 2023.

4.3. Modelagem de processos

4.3.1 Diagrama de Contexto

A Figura 12 apresenta o diagrama de contexto gerado nesse trabalho. Neste caso, foram considerados que os agentes envolvidos significativos são: concessionárias, prefeituras, FIRJAN, IBGE consumidores, governos estaduais/associações/agências e INEA. A representação dos dados requeridos pelo SIG e os retornados às entidades envolvidas estão descritas no Apêndice 3. O Quadro 2 apresenta o fluxo dos dados e das informações requeridas e geradas, de modo que as informações são relevantes para desenvolvimento de relatórios que servirão como base para gestores, pesquisadores e outros agentes envolvidos.

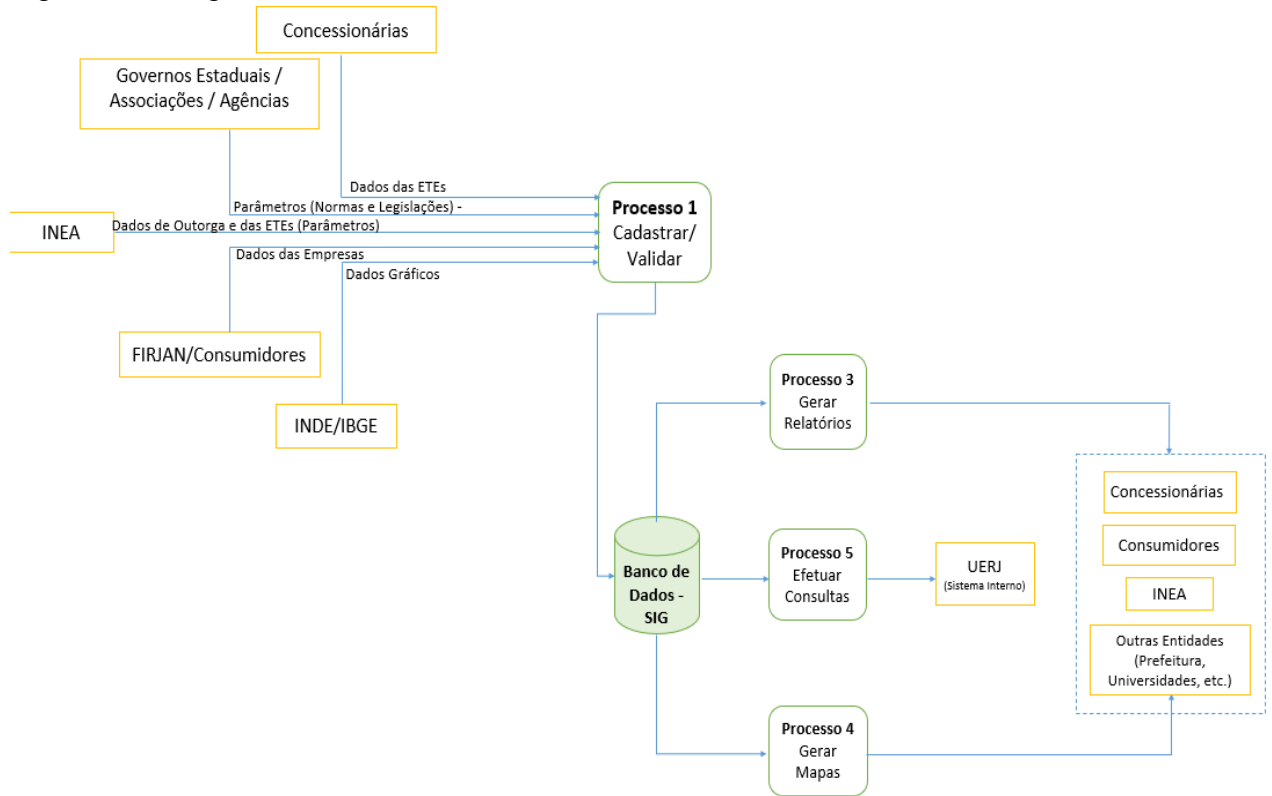
Figura 12 - Diagrama de Contexto



Fonte: Autora, 2023.

Foi desenvolvido também o diagrama de fluxo de dados (DFD) para cada nível do fluxo de informações que o SIG retorna para as entidades de interesse. Deste modo é possível identificar os ativos importantes do sistema. A Figura 13 demonstra o DFD nível 0, em que se pode observar que são inseridos dados dentro do sistema a partir do cadastro e da validação, após essa etapa é possível que as entidades de interesse extraiam relatórios, efetuem consultas e gerem mapas com o intuito de suprir a demanda dos interessados.

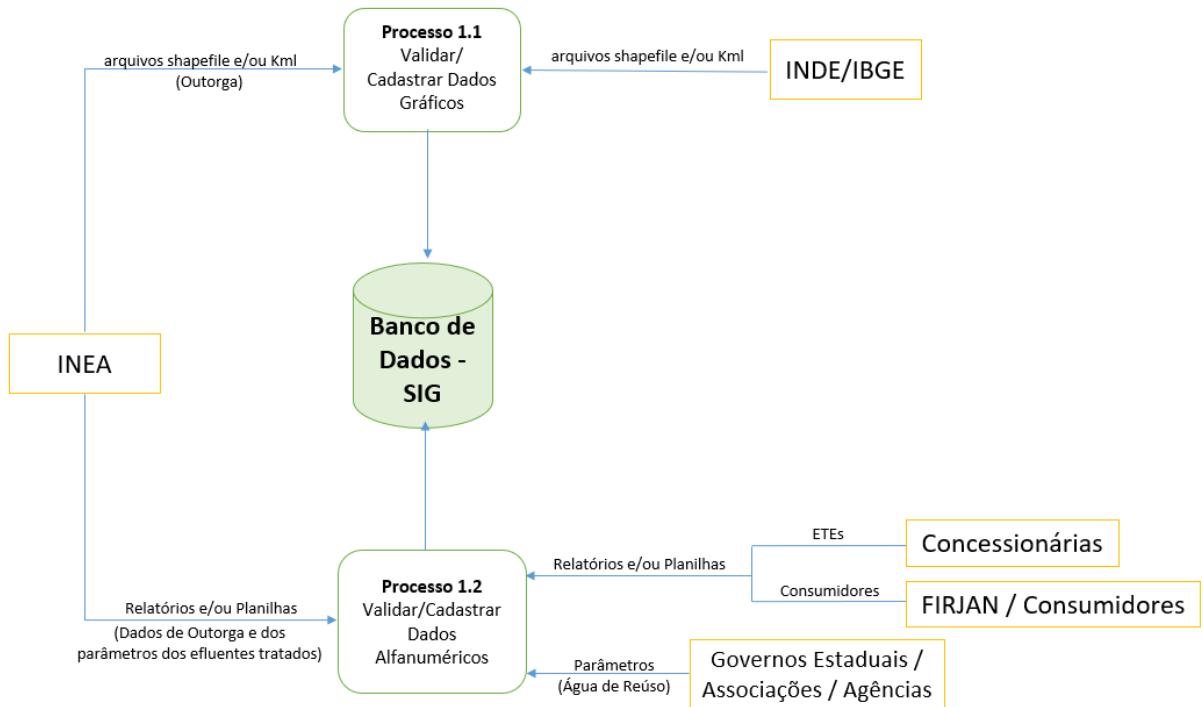
Figura 13 - Diagrama de Fluxo de Dados - Nível 0



Fonte: Autora, 2023.

A Figura 14 apresenta o DFD processo 1 nível 1, em que é exemplificado a entidade de cadastro dos dados gráficos e alfanuméricos de interesse ao sistema. Nessa etapa ocorre também a validação dos dados, do qual o programa deve atribuir condicionantes de aceitação para os dados inseridos no sistema. Por exemplo, restrições quanto a vazão ser um número abaixo de zero, ou seja, são validações com o intuito de diminuir a quantidade de erros do sistema.

Figura 14 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 1 - Nível 1



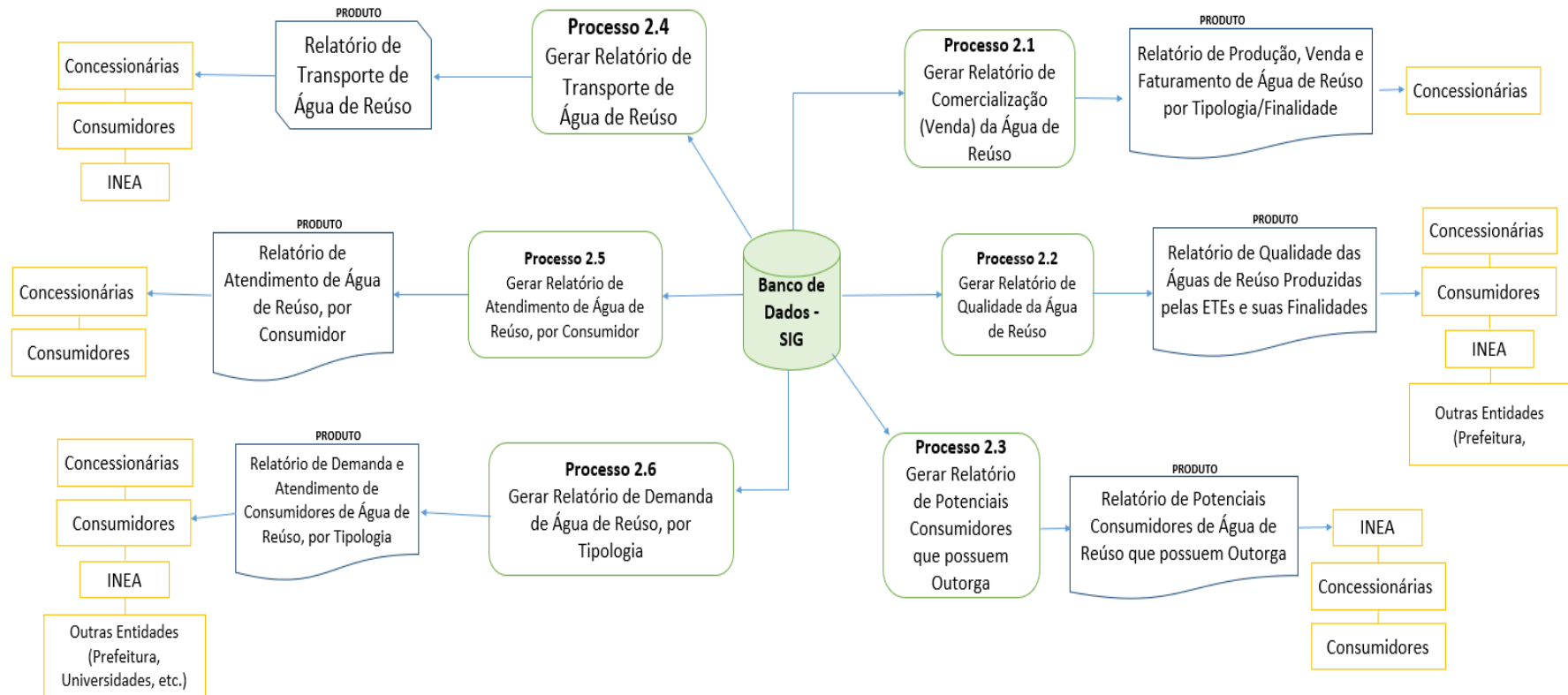
Fonte: Autora, 2023.

No DFD processo 2 nível 1 são desmembrados os relatórios que o sistema pode oferecer, provenientes de dados alfanuméricos e geográficos. Além disso, também são descritos os interessados nesses produtos gerados pelo sistema, conforme a Figura 15.

No DFD processo 3 nível 1 são desmembrados os mapas que o sistema pode oferecer, provenientes de dados alfanuméricos e geográficos. Assim como os relatórios gerados o DFD processo 3 nível 1 também descreve os interessados nesses produtos gerados pelo sistema, conforme a Figura 16.

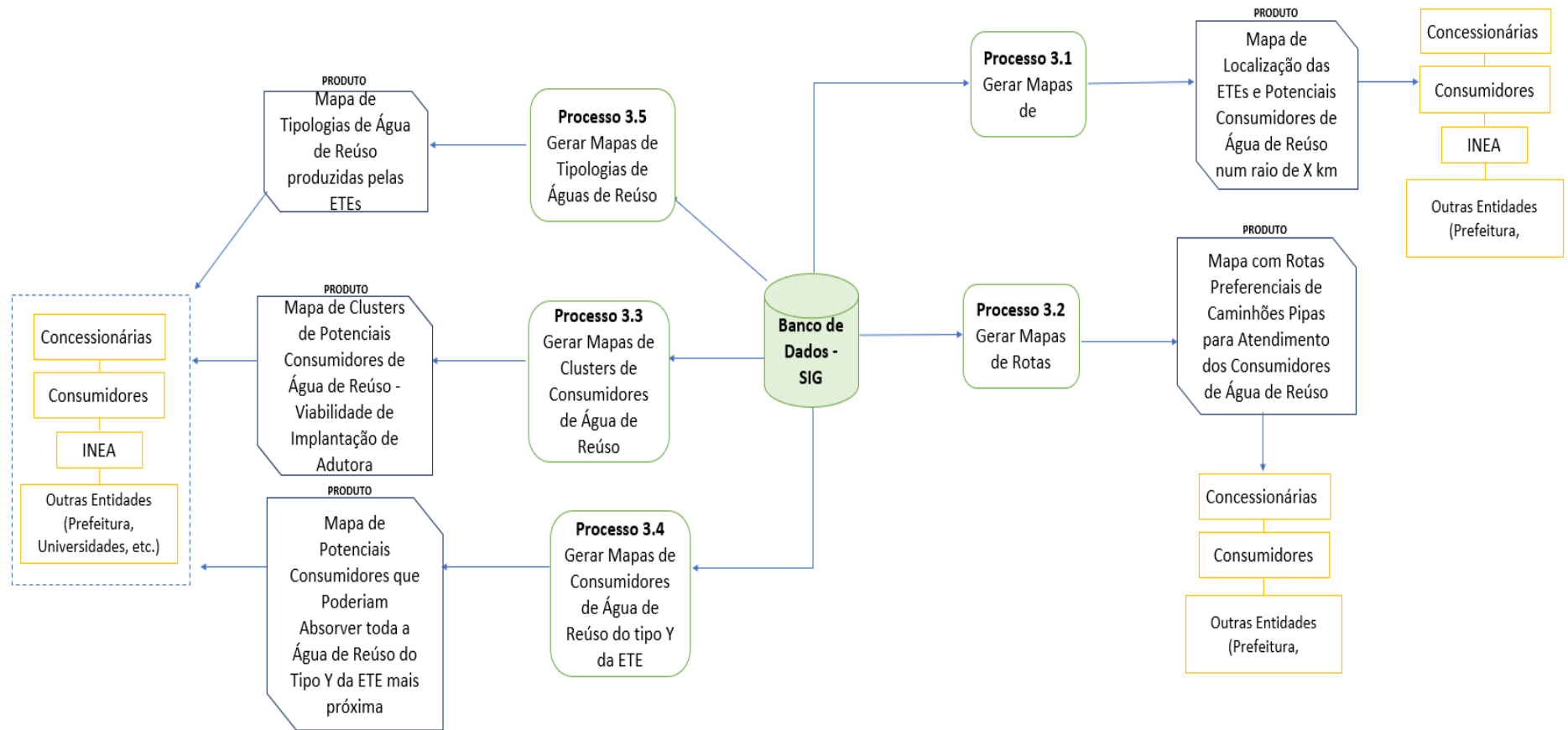
A Figura 17 apresenta o DFD processo 4 nível 1, que demonstra as consultas realizadas no sistema que exigem o processamento de dados que retornam informações relevantes para análise de implementação de água de reúso.

Figura 15 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 2 - Nível 1



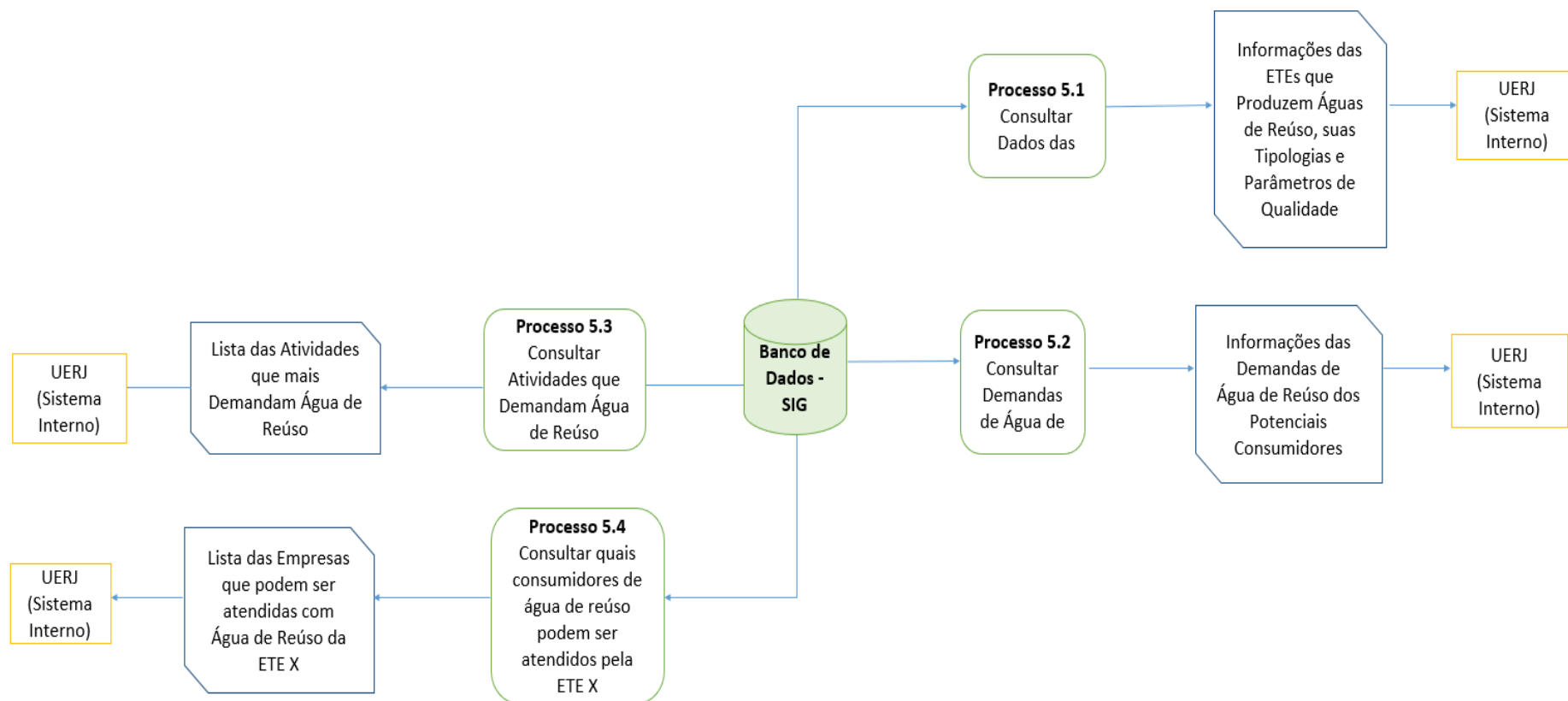
Fonte: Autora, 2023.

Figura 16 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 3 - Nível 1



Fonte: Autora, 2023.

Figura 17 - Diagrama de Fluxo de Dados Processo 4 - Nível 1



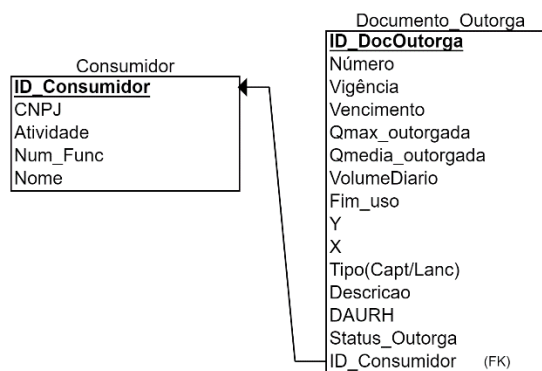
Fonte: Autora, 2023.

4.4. Modelo Relacional

O modelo relacional foi desenvolvido com o *software online erdplus*, uma ferramenta gratuita que abrange todas as fases de um projeto de banco de dados (MOTA; NETO; MELLO, 2022). Esse programa permite que a partir da modelagem de dados sejam geradas as tabelas do modelo relacional. O modelo relacional para água de reuso foi particionado para melhor visualização.

A Figura 18 apresenta a Parte I do modelo com as tabelas demonstrando os atributos relacionados a entidade consumidor e outorga, além disso descreve a chave primária, que nesse caso será o atributo `ID_consumidor`.

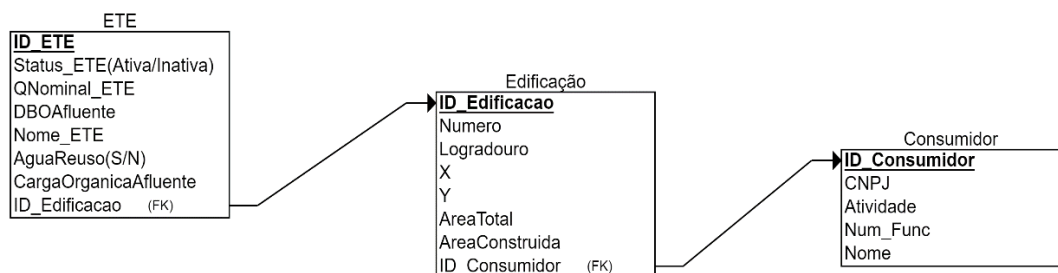
Figura 18 - Parte I do modelo relacional



Fonte: Autora, 2023.

A Parte II do modelo relacional corresponde a identificação em tabelas das entidades ETE, Edificação e Consumidor. Todas as entidades estão descritas com seus atributos. E como identificados todas elas possuem o atributo de ID para não gerar duplicidade nas informações.

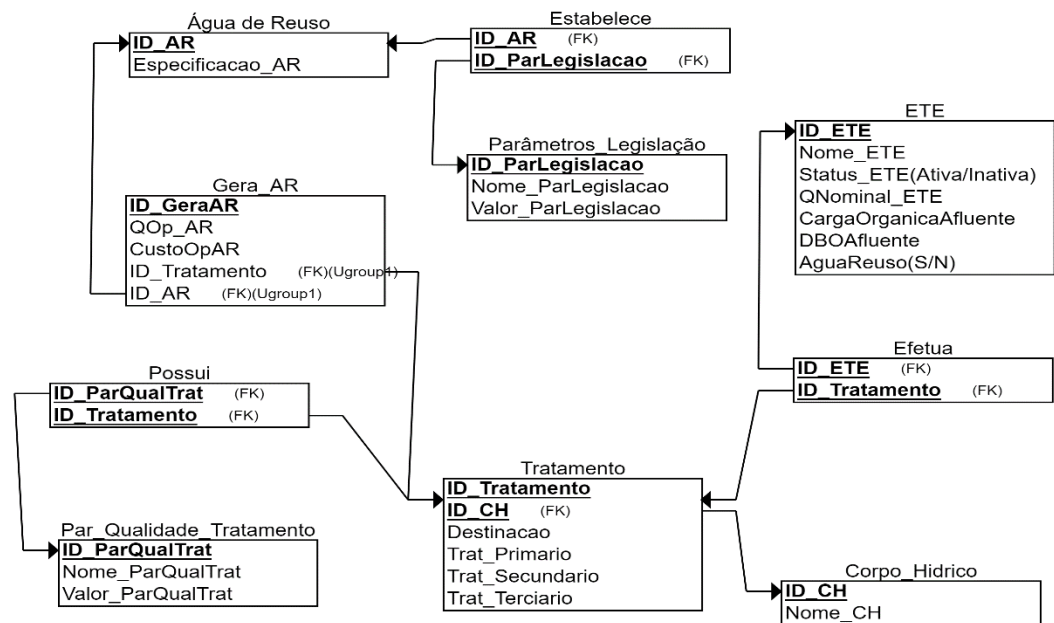
Figura 19 - Parte II do modelo relacional



Fonte: Autora, 2023.

A Figura 20 corresponde a Parte III do modelo, nessa parte foram identificados alguns relacionamentos do modelo, como “Estabelece”, “Possui” e “Efetua”, esses são justamente aqueles correspondentes de n:m, ou seja, muitos para muitos, e também se identificou as chaves primárias das entidades correspondentes.

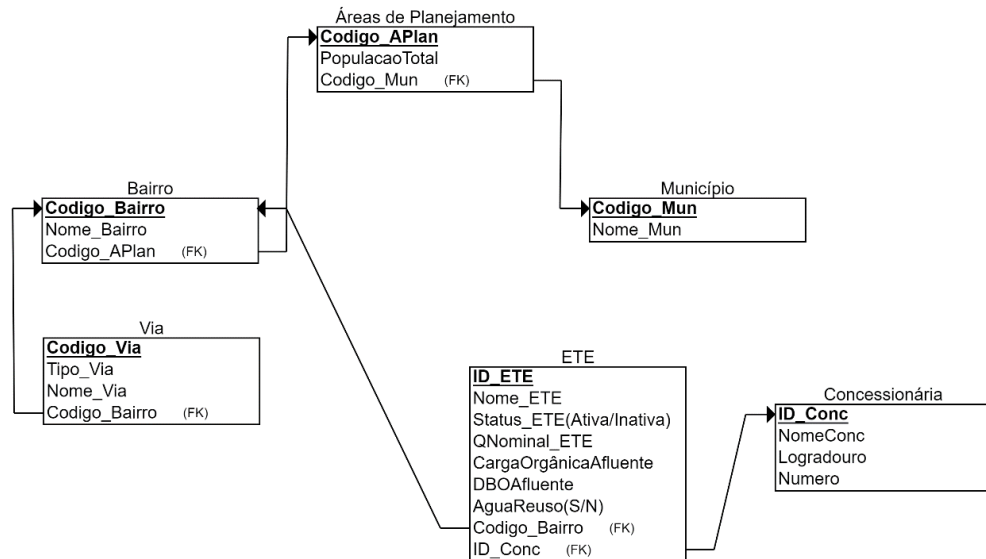
Figura 20 - Parte III do modelo relacional



Fonte: Autora, 2023.

A Figura 21 demonstra a Parte IV do modelo relacional e demonstra entidades como Bairro, Áreas de Planejamento, Município, Concessionária, ETE e Via com os seu atributos dispostos em tabela, conforme característica do modelo relacional.

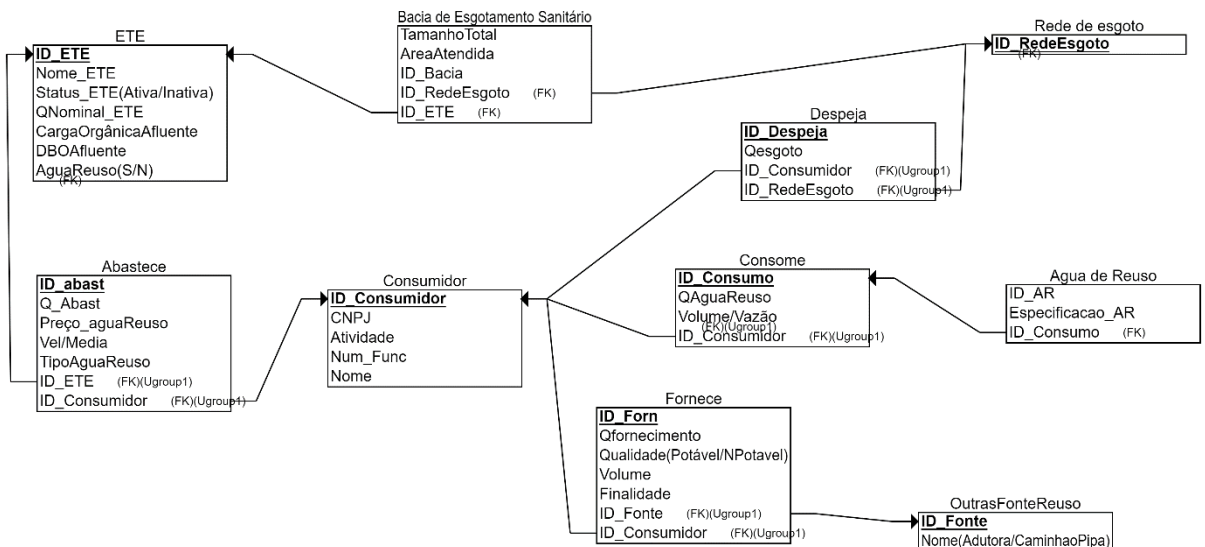
Figura 21 - Parte IV do modelo relacional



Fonte: Autora, 2023.

A Parte V do modelo relacional está apresentada na Figura 22. Nesse caso, alguns relacionamentos também foram dispostos com seus atributos no formato de tabela. Foram identificadas as chaves primárias de cada entidade além da chave estrangeira que é utilizada para se designar a uma chave primária.

Figura 22 - Parte V do modelo relacional



Fonte: Autora, 2023.

4.5. Implementação

O armazenamento em um banco de dados permite ao usuário uma utilização mais facilitada. Faria et al. (2021) desenvolveu em seu trabalho um inventário de água de reuso, a partir do mapeamento de consumidores e fornecedores potenciais de águas de reuso. No entanto, trata-se de informações estáticas, sem a possibilidade de atualização contínua. Um banco de dados associado a aplicações SIG permite ao usuário a consulta de dados e o desenvolvimento de aplicações mais rápido e acessível.

A implementação desenvolvida tem seus dados alocados em um banco de dados geográficos, o que permite maior flexibilidade e segurança. Para apoio e suporte a outros trabalhos o banco é um facilitador, permitindo que o usuário não refaça a metodologia de tratamento de dados aplicada, como por exemplo, a transformação dos dados em PDF, pois eles já estão no banco de dados. Além de restrições que podem ser aplicadas como vazões abaixo de zero

4.5.1 **Análise de vazão em função das distâncias percorridas pelo caminhão para a entrega de volumes efetivos de águas de reuso**

Para os requisitos levantados, notou-se a necessidade de análises espaciais para implementação e utilização da água de reuso. Com isso foi implementado o requisito 3 (o sistema deve permitir a consulta dos potenciais consumidores de água de reuso que não possuem outorga de água e que sejam mais viáveis, considerando distância e demanda, por caminhão pipa ou adutora), que verifica o melhor caminho, a partir da rota mais curta, de uma ETE até o seu consumidor.

Para implementar esse requisito foram utilizados os “Dados do Cadastro Industrial do Estado do Rio de Janeiro” referente ao ano de 2015/2016, para a cidade do Rio de Janeiro, com a aplicação da metodologia da ANA para levantamento de vazão requerida, foram selecionadas as 10 empresas com maiores vazões.

Para garantir uma diversidade significativa e pertinente de possíveis clientes, optou-se exclusivamente por indústrias que possuam pelo menos 20 funcionários, ou seja, enquadradas

como de pequeno porte (EPP), conforme a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2013).

Após o levantamento das indústrias acima de 20 funcionários e a aplicação da metodologia da ANA para levantamento de vazão requerida, foram selecionadas as 10 empresas com maiores vazões.

Devido a localidade estratégica e a existência de um sistema para tratamento de água de reuso (RIO DE JANEIRO, 2022), a análise foi gerada com a ETE Penha como fornecedor. Segundo Faria et al. (2021) a ETE Penha está localizada em uma posição estratégica, mais próxima do núcleos das maiores necessidades de água de reuso, sendo notável o potencial para atender às demandas de diversas empresas, independentemente do seu porte, que estão localizadas nas suas imediações.

A maior vazão requerida encontra-se localizada no Centro do Rio de Janeiro, cerca de 15,66 km da ETE Penha, e o valor é três vezes superior a vazão de demanda da estação, que trata 288,3 l/s. No entanto, se acredita que a vazão de 975,53 l/s identificada no bairro do Centro, no Rio Janeiro.

A vazão operacional de tratamento da ETE Penha atende a sete das menores vazões das dez empresas analisadas, e sua vazão nominal atende oito dessas empresas com menor vazão. A Tabela 3 apresenta os valores que podem ser absorvidos.

Tabela 3 - Demanda e fornecimento de água de reuso (dados FIRJAN)

Estação de Tratamento de Esgoto	Vazão (l/s)		Demanda (l/s)	
	Operacional	Nominal	7 Empresas	8 Empresas
ETE Penha	288,3	600,0	220,1	299,1

Fonte: Autora, 2023.

A empresa com menor distância encontra-se em Vigário Geral e necessita de uma vazão de 11,81 l/s, na qual a ETE Penha poderia atender perfeitamente. A maior distância entre a ETE Penha e o consumidor ficou em 50,15 km, pois a empresa encontra-se no bairro de Santa Cruz, apesar da distância ser expressiva, é importante salientar que segundo Araújo et. al. (2017) no Estado do Rio de Janeiro a utilização de água de reuso é economicamente mais vantajosa para distâncias de até 110 km, para esse cenário apenas a vazão nominal da ETE supriria o solicitado.

O compilado desses dados comparado com a capacidade de fornecimento da estação se apresenta na Tabela 4.

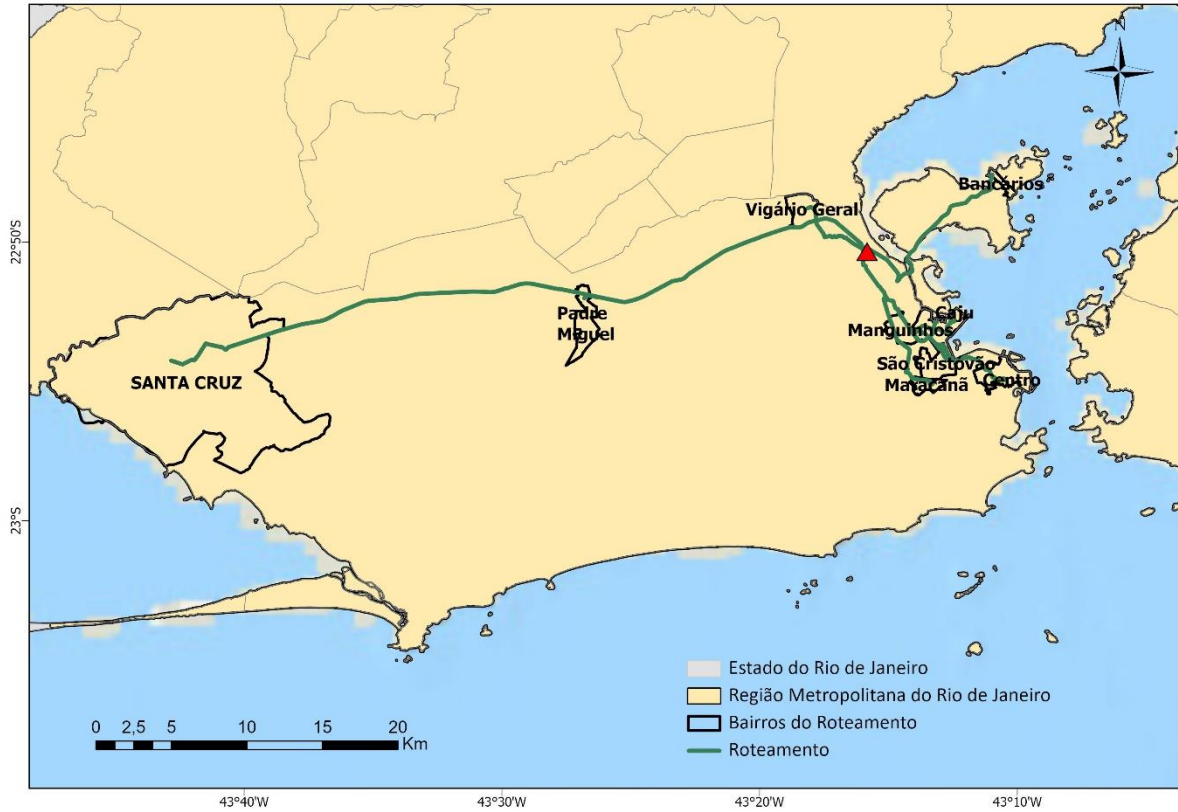
Tabela 4 - Levantamento das 10 empresas com maior vazão no município do Rio de Janeiro

<u>Bairro</u>	<u>Q (l/s)</u>	<u>km</u>	Operacional (l/s)		Nominal (l/s)	
			<u>ETE PENHA</u>		<u>ETE PENHA</u>	
Centro	975,53	15,66				
Santa Cruz	567,13	50,15				
Bancários	78,99	14,92				
Maracanã	69,68	11,98				
Caju	67,71	10,02	288,3		600,0	
Realengo	28,40	21,24				
São Cristóvão	17,83	10,73				
Manguinhos	13,41	7,76				
Vigário Geral	11,81	5,94				
Caju	11,25	11,30				

Fonte: Autora, 2023.

A Figura 23 demonstra a rota percorrida entre o fornecedor e os consumidores. Importante notar que consumidores como o localizado em Santa Cruz possuem outras estações que poderiam fornecer água de reuso mais próximo, como por exemplo a ETE Sepetiba que possui uma vazão média de 82 l/s e está a um raio de distância de aproximadamente 6 km, podendo suprir algumas necessidades referente a utilização de água de reuso e diminuir a demanda por água potável. Além disso, existem no entorno ETes menores que poderiam fornecer mais recursos.

Figura 23 - Rota definida entre a ETE Penha e os dez maiores consumidores do município do Rio de Janeiro



Fonte: Autora, 2023.

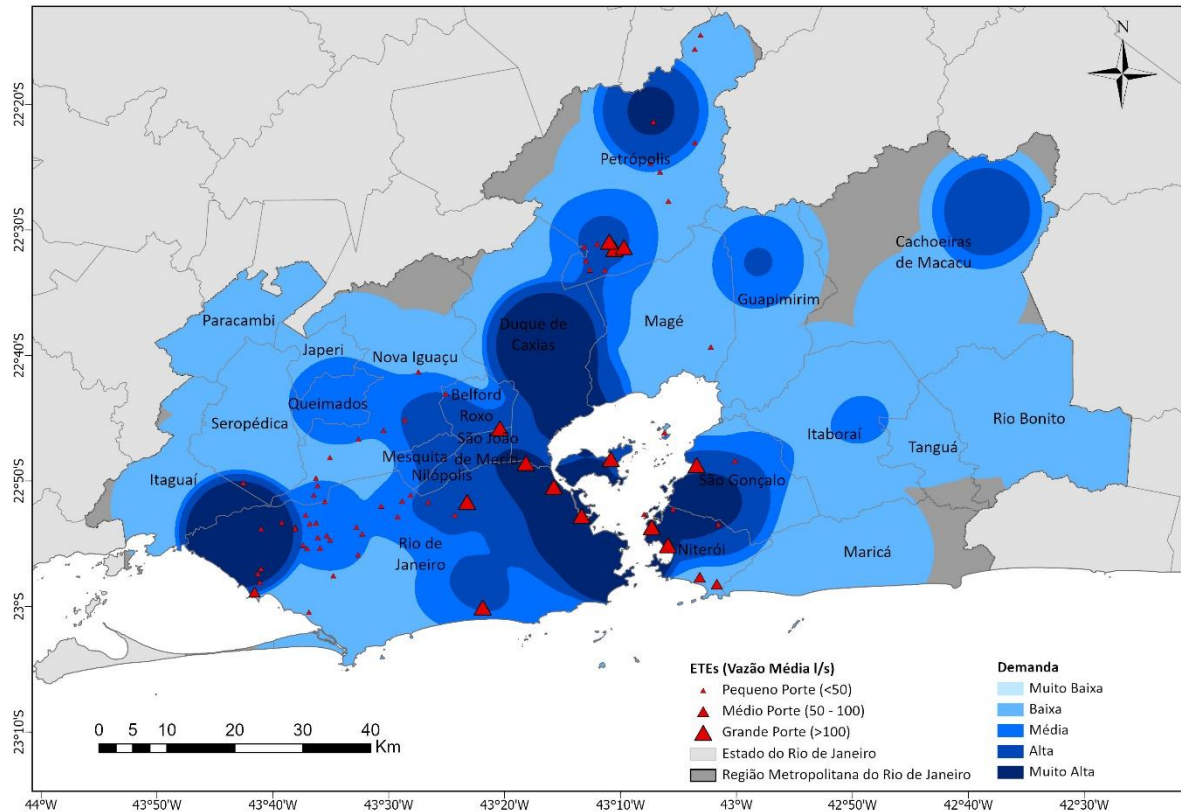
Base Cartográfica: IBGE, 2020.

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000.

4.5.2 Dispersão da vazão demandada a partir de dados da FIRJAN

Após o levantamento de vazões de demanda com os dados dos arquivos da Firjan foi desenvolvido o mapa de expressividade na RMRJ. Para demonstrar a capacidade de análise de uma ferramenta SIG foi gerado um mapa para entender a dispersão do requerimento de água de reuso para os empreendimentos. A Figura 24 demonstra o mapa de calor com todas as vazões.

Figura 24 - Expressividade das demandas hídras - 10 km (dados FIRJAN)



Fonte: Autora, 2023.

Base Cartográfica: IBGE, 2020.

Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS 2000.

A Tabela 5 demonstra a relação entre as empresas e as vazões levantadas. Apesar de ser composta apenas por 35 empresas as vazões acima de 10 l/s são responsáveis por cerca de 78% da vazão total.

Tabela 5 - Análise de vazões de demanda (dados FIRJAN)

Vazão (l/s)	Quantidade de Empresas	Somatório das vazões de demanda
< 1	1152	269,43
1 – 10	178	521,77
> 10	35	2799,49
Somatório	1365	3590,69

Fonte: Autora, 2023

A área localizada no município de Petrópolis está próxima a três estações da região, sendo elas ETE Quitandinha, ETE Piabanha e ETE Palatinato, com vazões médias de 396, 190 e 233 l/s, respectivamente. Para as empresas existente no município de Petrópolis a vazão

requerida seria de aproximadamente 168 l/s. A vazão requerida nesse caso seria 72% da vazão da menor ETE, nesse caso a Piabanha. O município apresentou perfeitas condições de suprir água de reuso para as empresas da região.

O município de Duque de Caxias também demonstrou elevada expressividade. A localidade possui um polo industrial de grande importância e não possui ETEs dentro da cidade, no entanto está próxima de estações de outros municípios próximos com consideráveis fornecedores de água de reuso, como Rio de Janeiro e Petrópolis. Além disso, a região tem uma parte do seu efluente gerado tratado na ETE Pavuna, que poderia retornar esse recurso após devido tratamento.

Outra região com expressividade notória é a que está entre Rio de Janeiro e Itaguaí. Apesar de Itaguaí não ter estações, a localização da área de maior interesse permite a retirada do recurso de algumas estações localizadas na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. Ainda que as estações sejam consideradas como de pequeno porte, é possível suprir uma parcela relevante do consumo de água para fins mais nobres.

Por fim, a região central da cidade do Rio de Janeiro apresenta também uma alta demanda por água. Essa área conta com fornecedores com alta capacidade, visto que se trata de uma área com ETEs como Alegria, Penha e Pavuna, que apresentam alta capacidade de tratamento, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Capacidade de fornecimento de água de reuso de ETEs em regiões estratégicas

Estação de Tratamento de Esgoto	Município	Vazão (l/s)	
		Operacional	Nominal
ETE Alegria	Rio de Janeiro	1.371,2	2.500,0
ETE Pavuna	Rio de Janeiro	262,2	1500,0
ETE Penha	Rio de Janeiro	288,3	600,0

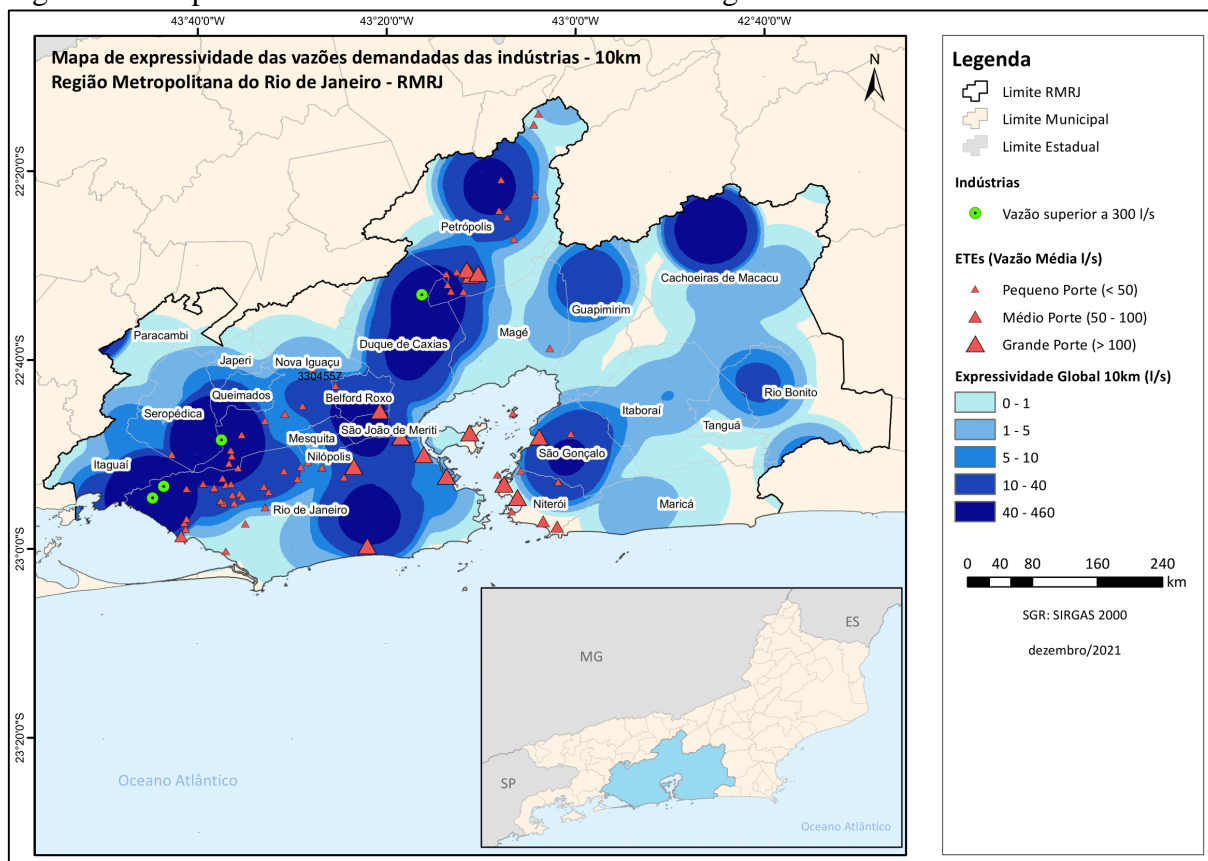
Fonte: Autora, 2023.

4.5.3 Dispersão da vazão demandada (dados de outorga)

Foi utilizado o conceito de expressividade global, com raios de 10 km, para o desenvolvimento do mapa com dados de vazão outorgada por indústrias na RMRJ (RIO DE JANEIRO, 2022). A Figura 25 demonstra os *clusters* existentes na área. Essa informação é

relevante para aplicação de investimentos, desenvolvimento de políticas públicas, parcerias entre municípios, entre outros.

Figura 25 - Expressividade de demanda de vazões outorgadas das indústrias na RMRJ



Fonte: RIO DE JANEIRO, 2022.

Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Rio de Janeiro são cidades com alta demanda de vazão outorgada, e próximo a elas existe um *cluster* importante, representado por uma área com oportunidade de parcerias intermunicipais voltadas a comercialização de água de reuso, visto que apenas Belford Roxo e Rio de Janeiro possuem estações de tratamento.

Outras regiões também apresentam destaque de acordo com o mapa, como por exemplo, a região oeste do Rio de Janeiro e seus limites intermunicipais. A delimitação com Itaguaí se assemelha ao estudo com as vazões inferidas pelos dados da FIRJAN o que corrobora para justificativa de que a área tem um desenvolvimento industrial e seria uma região de importante investimento.

Ainda na região oeste do Rio de Janeiro, particularmente próximo a ETE Barra é notável que a estação está em uma área importante e poderia ser admitida como fornecedor. E um outro *cluster* relevante foi notado no município de São Gonçalo que possui duas ETAs, sendo uma

delas de grande porte. Além disso, conta com uma proximidade com o município de Niterói que é também um potencial fornecedor para a região

Algumas das áreas mais expressivas do mapa possuem além da necessidade, a possibilidade de oferta. No entanto, municípios como Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Rio Bonito não possuem ETEs implantadas o que futuramente pode ser considerado, pois com a álgebra de mapas pode ser incluído a pretensão da venda do efluente tratado. Ribeiro et al. (2018) utiliza ferramentas SIG para identificar áreas para instalação de ETEs, a aplicação de uma carta demonstrando áreas com maior necessidade de água para fins não potáveis se tornaria um adendo para a construção de uma estação mais sustentável.

A identificação de áreas com mais requerimento de água para fins não potáveis contribui também para implementação de adutoras para água de reuso visando atendimento a esses pólos, como ocorre atualmente no empreendimento Aquapolo (OBRACZKA et al., 2021). Importante frisar também a possibilidade de parcerias municipais ou abordagem conjunta pelas concessionárias que administram as regiões, por exemplo, Itaguaí, Seropédica e a Zona Oeste do Rio de Janeiro são administradas pela mesma concessão e a área apresenta condições relevantes de gestão compartilhada desse recurso.

Assim como na análise com dados disponibilizados pela FIRJAN, o município de Petrópolis refletiu ser uma área com alta demanda. Porém, a região apresenta fornecedores capazes de suprir de maneira expressiva essa demanda. O estudo desenvolvido para as estações do ERJ demonstrou as condições de atendimento de água de reuso para empresas que possuem outorga (RIO DE JANEIRO, 2022). A Tabela 7 demonstra essas potencialidades.

Tabela 7 - Análise de vazão de demanda e fornecimento de água de reuso (dados de vazões outorgadas)

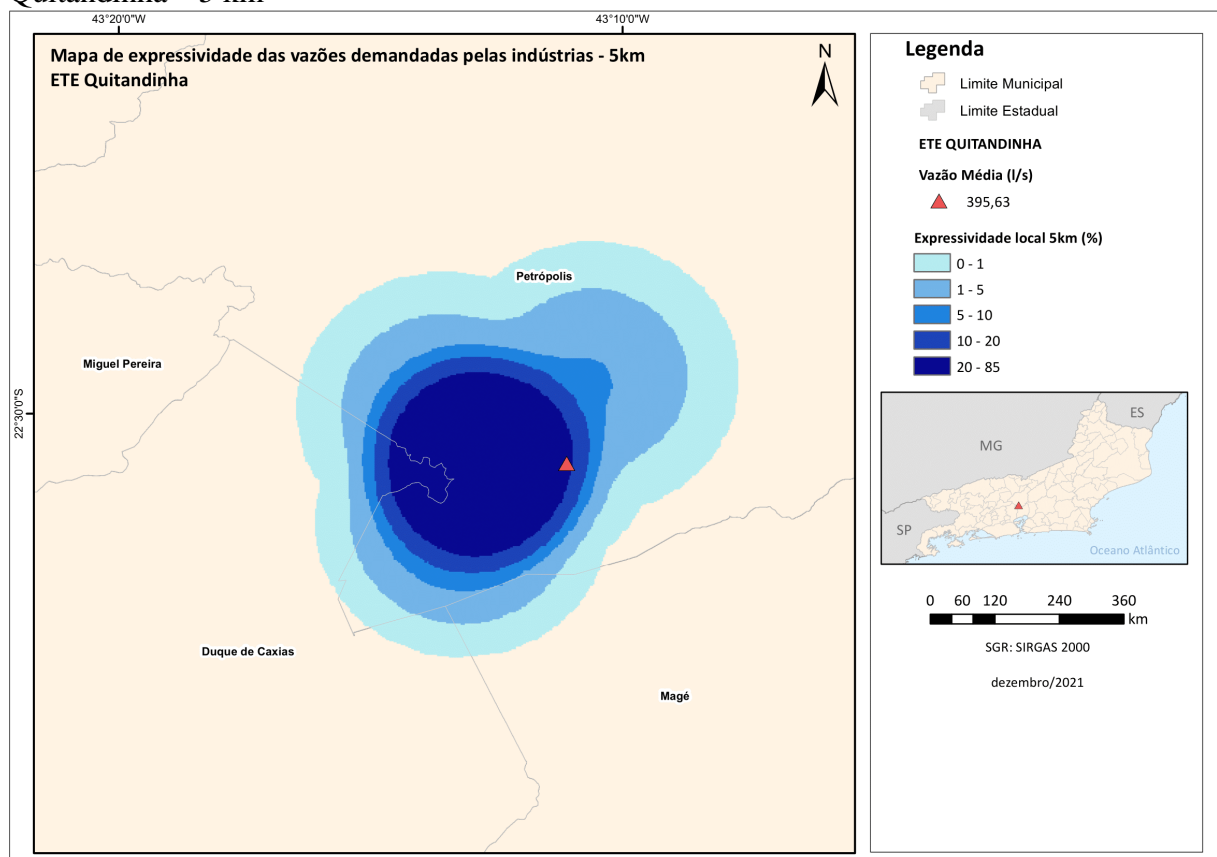
Estação de Tratamento de Esgoto	Município	Vazão (l/s)		Demanda (l/s)		
		Operacional	Nominal	5 km	10 km	20 km
ETE Quitandinha	Petrópolis	395,6	243	20,5	460,1	625,6
ETE Palatinato	Petrópolis	233,1	243,3	16,3	25,7	624,5
ETE Piabanha	Petrópolis	190,0	125,0	20,5	460,1	623,6

Fonte: Adaptado de Rio de Janeiro, 2022.

Foi ainda demonstrado, com uso de mapas, o comportamento da expressividade de vazão de demanda da ETE Quitandinha em 5, 10 e 20 km considerando a vazão demandada por indústrias que possuem outorga. As Figuras 26, 27 e 28 apresentam os produtos gerados.

Para 5 km a vazão teve sua concentração principalmente dentro do município de origem. No entanto as regiões menos concentradas abrangem o município de Duque de Caxias e Magé. Os dados apresentados demonstram a potencialidade do município no fornecimento de água de reuso.

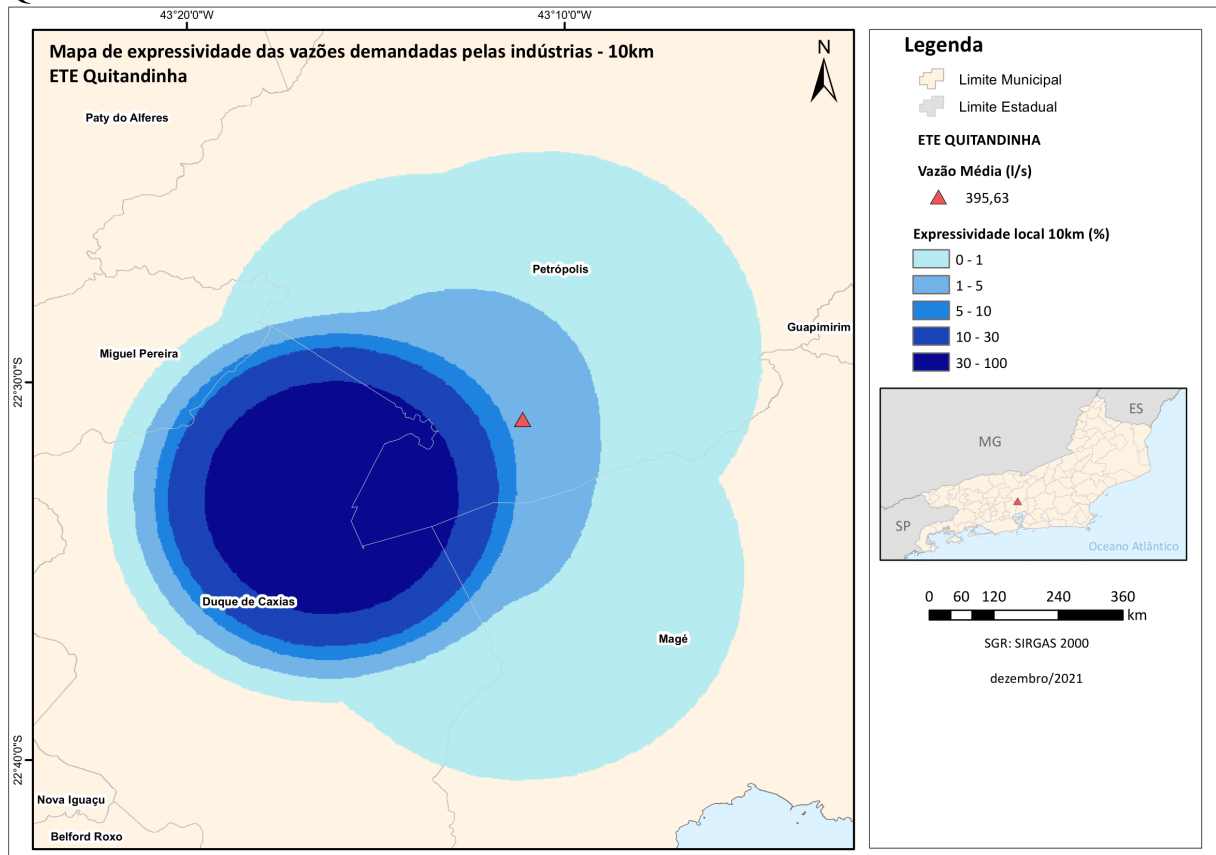
Figura 26 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha – 5 km



Fonte: RIO DE JANEIRO, 2022.

A Figura 27 demonstra a expressividade das vazões demandadas considerando um raio de 10 km, a dispersão aponta principalmente em direção ao município de Duque de Caxias, devido a representatividade da região como polo industrial. A demanda no raio em questão também se direciona para o município de Miguel Pereira. Esses dados demonstram que o município de Petrópolis possui grande possibilidade de comercialização desse recurso com municípios vizinhos.

Figura 27 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha - 10km

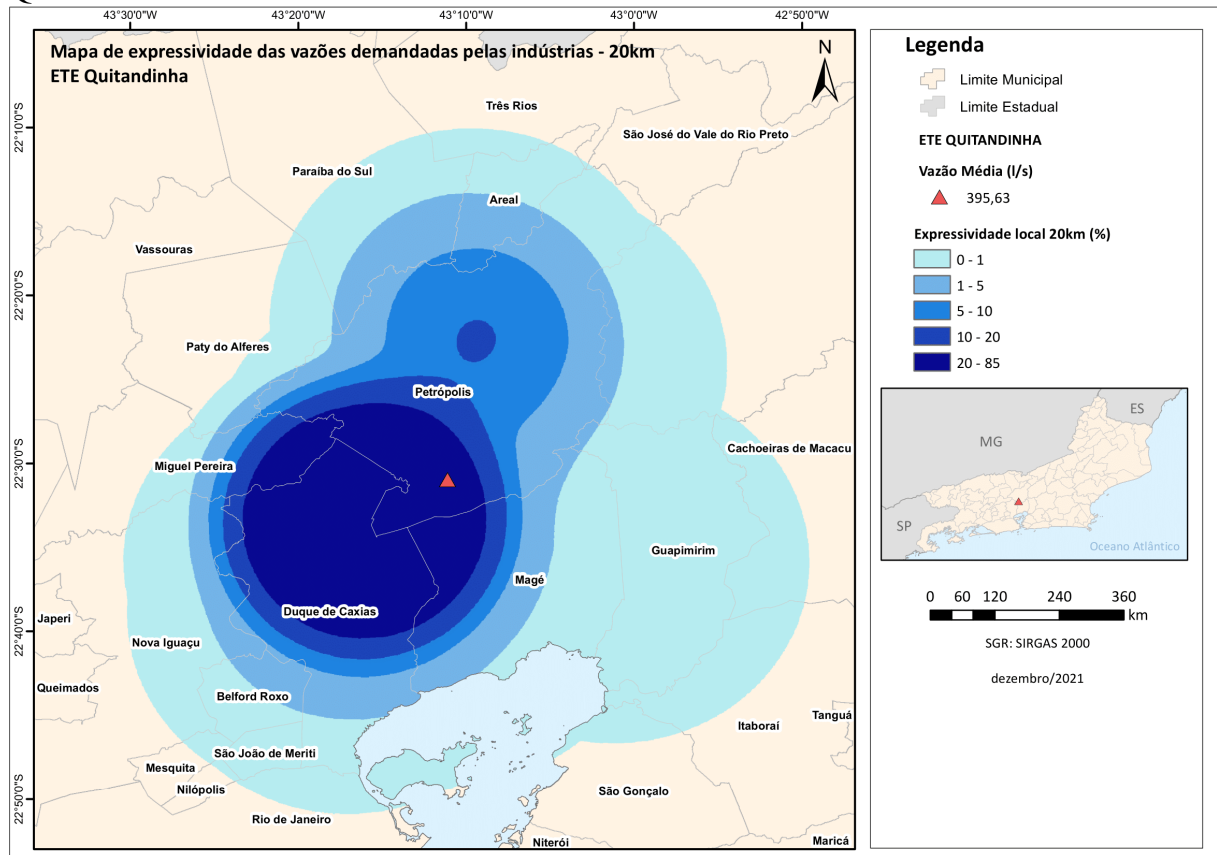


Fonte: RIO DE JANEIRO, 2022.

Para o raio de 20 km a Figura 28 demonstra a abrangência da solicitação para diversos outros municípios, como Duque de Caxias, Miguel Pereira e Magé, inclusive para aqueles que ultrapassam os limites da RMRJ, por exemplo Areal e Paraíba do Sul, entre outros. Essa informação promove a possibilidade de parcerias intermunicipais, logo confere a distribuição de água de reuso um caráter não apenas ambiental, como também econômico.

Os dados demonstram também a alta expressividade de vazão demandada da cidade de Duque de Caxias, que não possui ETE instalada. As informações geradas servem como fomento para o desenvolvimento de saneamento básico nas regiões e demonstra a potencialidade de comercialização desse recurso.

Figura 28 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Quitandinha - 20km



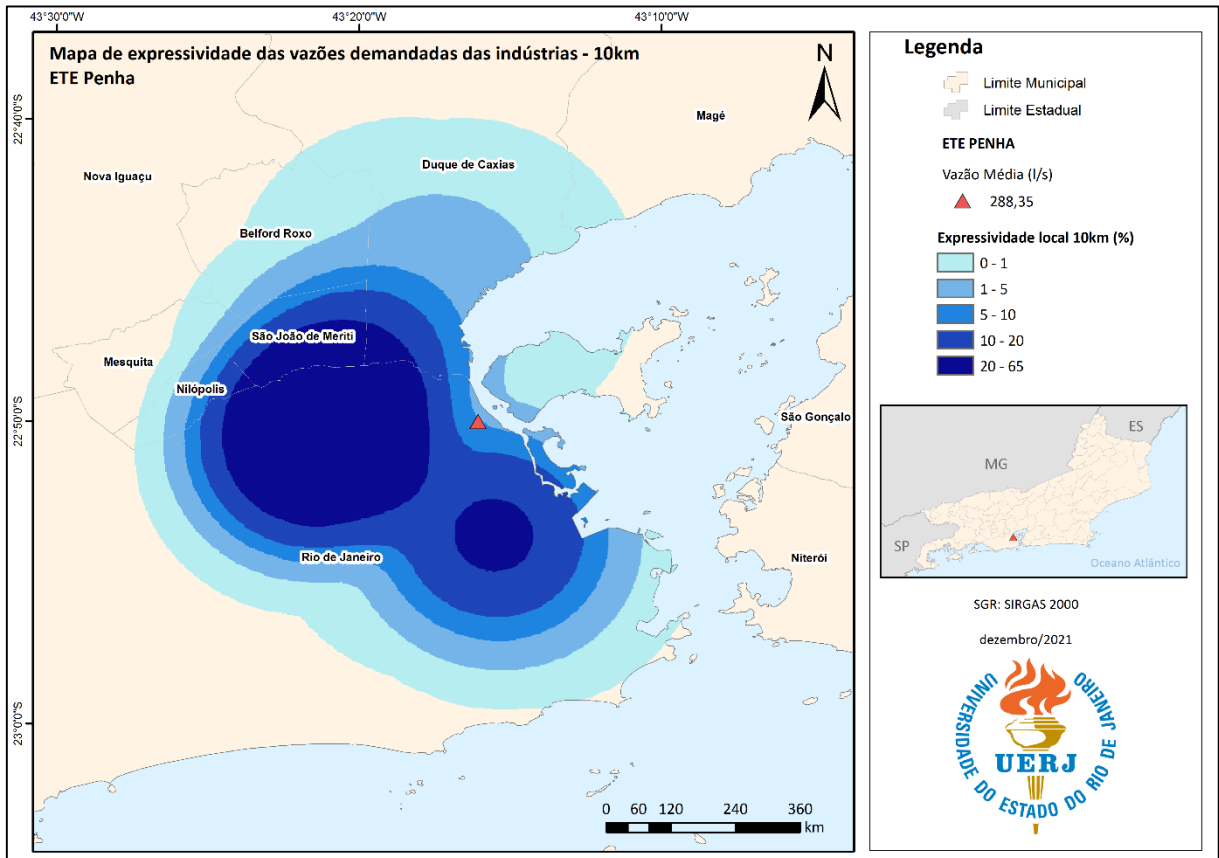
Fonte: RIO DE JANEIRO, 2022.

4.5.4 Análise de expressividade individual – ETE Penha

A existência de um banco de dados geográficos permite aos usuários uma maior manipulação dos dados a partir de um *software* SIG (REGHINI; CAVICHIOLI, 2020) com isso é possível trazer o conceito de expressividade por ETE. Como exemplo foi utilizada a ETE Penha que apresenta dados de qualidade representativos e possui grande potencial de atendimento nas proximidades, visto que se encontra em uma área com demanda significativa (OBRACZKA et al., 2019b)

A Figura 29 demonstra a demanda do entorno da ETE Penha com raio de 10 km para dados de consumidores outorgados. Sua expressividade abrange outros município, como São João de Meriti e Nilópolis, e se encaminha para Duque de Caxias que possui um importante polo industrial (RODRIGUES, 2022).

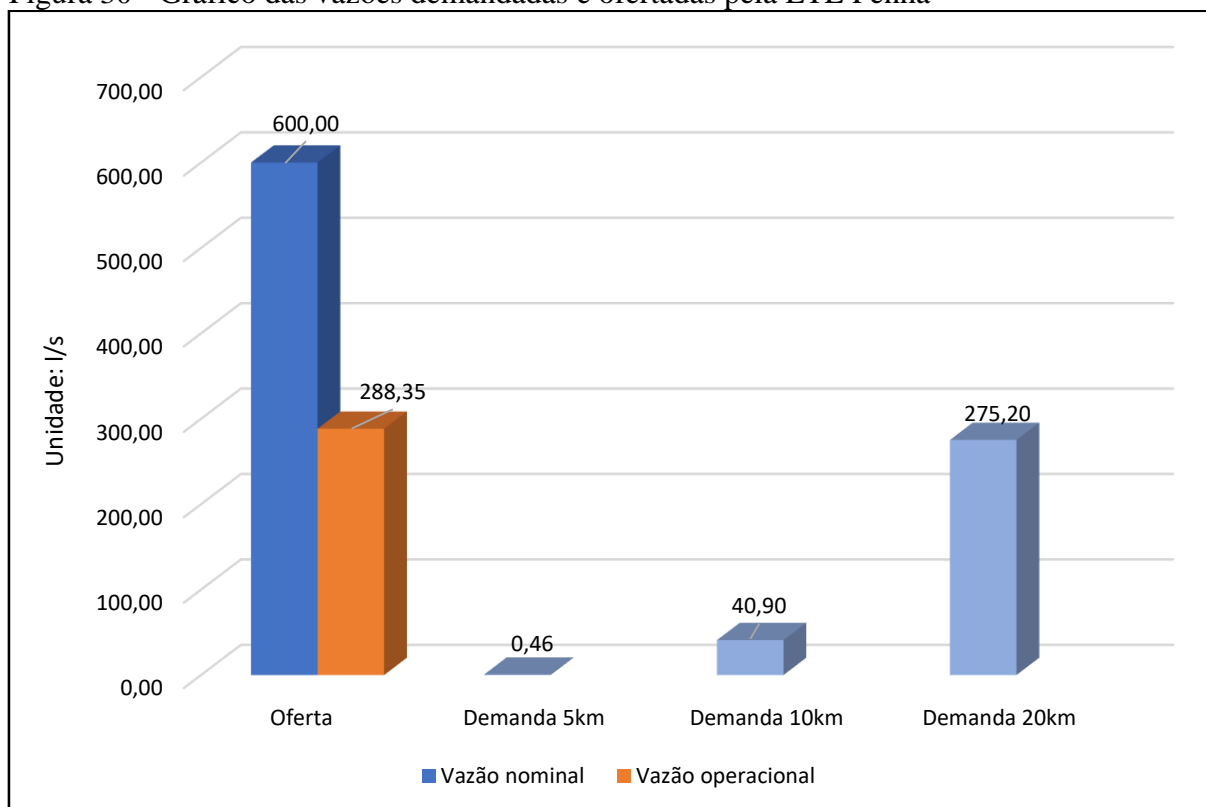
Figura 29 - Expressividade da demanda de vazão de indústrias com outorga para ETE Penha – 10km



Fonte: RIO DE JANEIRO, 2022.

A análise da estação pode ser complementada considerando raios mais ou menos restritivos, o Gráfico 01 demonstra essa relação com os dados de vazão média e nominal da estação e como se relaciona com os dados de vazão requerida em raios de 5, 10 e 20 km (Figura 30). Importante frisar que o SIG proposto possui em sua modelagem diferentes tipos de relatórios com dados analíticos e geográficos, além de abordar formas de visualização em formatos distintos.

Figura 30 - Gráfico das vazões demandadas e ofertadas pela ETE Penha



Fonte: Autora, 2023.

Os relatórios se tornam mais completos com abordagens multimodais de diferentes temas. Isso destaca a diversidade de formatos utilizados no relatório, como mapas, tabelas e gráficos, para fornecer uma compreensão abrangente e visualmente rica do assunto. A Tabela 8 é mais uma forma de apresentação da informação levantada.

Tabela 8 - Vazão demanda e ofertada considerando a ETE Penha

Estação de Tratamento de Esgoto	Município	Região Hidrográfica	Vazão (l/s)		Demanda (l/s)		
			Operacional	Nominal	5 km	10 km	20 km
ETE Penha	Rio de Janeiro	RH - V	288,3	600,0	0,5	40,9	275,2

Fonte: Adaptado de Rio de Janeiro, 2022.

5. CONCLUSÕES

Em suma, a conclusão do desenvolvimento da metodologia de modelagem aplicada no reuso de água de ETE's na RMRJ revela a importância crucial desse processo para o eficaz cumprimento dos requisitos do sistema. Ao esclarecer os atores envolvidos e definir as informações necessárias, a metodologia se mostra como a base sólida sobre a qual sistemas bem-sucedidos podem ser construídos, proporcionando uma abordagem estruturada e eficiente para a gestão do reuso de água em Estações de Tratamento de Efluentes.

A análise dos dados de vazão das ETE's e empresas na RMRJ destaca a relevância do reuso de água em diversas regiões. A identificação de áreas com expressiva demanda, aliada à observação de municípios carentes de ETEs, ressalta a necessidade de implementação dessas estruturas em locais estratégicos. Este estudo não apenas valida a importância do reuso de água, mas também aponta para a oportunidade de direcionar esforços e investimentos para áreas que apresentam maior necessidade de fornecimento sustentável de água para empreendimentos, contribuindo assim para a gestão eficiente dos recursos hídricos na região.

A gestão eficiente do reuso de água é um componente crucial da estratégia para enfrentar os desafios hídricos atuais. A integração de bancos de dados geográficos em ambientes SIG oferece uma ferramenta poderosa para maximizar a eficácia dessa gestão, permitindo maior liberdade de análise e uma interface aprimorada entre informações críticas.

A implementação do SIG no reuso de águas revela-se como uma importante ferramenta para a eficiência na gestão pública e o avanço da pesquisa nesse campo. Ao direcionar de maneira mais precisa os esforços do poder público, o sistema de informações geográficas não apenas otimiza as práticas de reuso de água, mas também promove uma abordagem mais estratégica e sustentável na alocação de recursos. A integração do SIG no contexto do reuso não apenas responde aos desafios atuais de gestão hídrica, mas também sinaliza um caminho promissor para a construção de comunidades mais resilientes e conscientes no uso dos recursos naturais.

A integração de bancos de dados geográficos em um ambiente SIG é um avanço relevante na gestão de água de reuso. Esses bancos de dados armazenam informações geográficas em um formato estruturado, que permite a fácil consulta, atualização e análise dos dados. Esse sistema fornece dentre muitas maneiras a visualização espacial, com representação visual de dados em mapas facilita a identificação de áreas críticas para a implementação de projetos de reuso de água; análise preditiva, identificação de áreas mais propensas a escassez hídrica para priorizá-las; integração de dados, reunido informações de diferentes fontes, o que

proporciona uma visão completa; tomada de decisões com dados geográficos em tempo real, o que diminui o tempo de resposta para eventos climáticos extremos, como secas ou inundações; entre outros.

A gestão eficiente do reuso de água é um componente crucial da estratégia para enfrentar os desafios hídricos atuais. A integração de bancos de dados geográficos em ambientes SIG oferece uma ferramenta poderosa para maximizar a eficácia dessa gestão, permitindo maior liberdade de análise e uma interface aprimorada entre informações críticas.

Posteriormente se faz necessário a integração do banco de dados com servidores de mapas, como o GeoServer e o ArcGIS Online, pois representa um grande avanço na democratização do acesso a dados geoespaciais. Isso não apenas atende às necessidades de usuários não especializados, mas também fortalece a comunicação com a sociedade e estimula o potencial para futuros desenvolvimentos e colaborações. Essa medida é de extrema importância para a ampliação do alcance e dessas informações.

Além disso, recomenda-se que o SGBD seja migrado para equipamentos de considerável capacidade de processamento e memória, com boa conexão de internet e com suporte específico para lidar com problemas típicos como quedas de energia, danos em componentes de hardware e tentativas de invasão através das redes.

Importante frisar, a necessidade de atualização dos dados utilizados, sendo proposto para etapas posteriores a criação de um cadastro que permite aos interessados o cadastramento de dados de vazão e qualidade da água tratada para que sejam desenvolvidos resultados voltados não apenas para quantidade e proximidade entre fornecedor e consumidor, mas também atribua características qualitativas nos estudos elaborados. Logo, é indicado para trabalhos futuros a aplicação dos requisitos que abordem dados de qualidade requerida e fornecida.

O SIG voltado para água de reuso na RMRJ tem grande importância, no entanto, considerando a abrangência e potencialidade da ferramenta é recomendado para trabalhos futuros a aplicação de outras atividades, como lodo de ETA e água de chuva.

A criação de um compilado com informações georreferenciadas ambientais e sanitárias que serão usadas no estudo da viabilidade de implementação de sistemas de reuso de água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro irá permitir não somente a análise de projetos, mas posteriormente contribuir para trabalhos e pesquisas, podendo ser, inclusive, complementado e mantido como um sistema de informação para diferentes aplicações.

REFERÊNCIAS

ABD ELLAH, R. G.; SPARAVIGNA, A. C. Combining bathymetric measurements, RS, and GIS technologies for monitoring the inland water basins: A case study of Toshka Lakes, Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 49, n. 1, p. 1 – 8, 2022.

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Resolução Nº 005, de 09 de maio de 2022. Estabelece diretrizes para o aproveitamento ou reuso de água não potável em edificações no Distrito Federal. **Diário Oficial Distrito Federal**, Brasília-DF, nº 86, de 10 de maio de 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília: ANA, 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – Brasília: ANA, 2021.

ANGELAKIS, A. N. et al. Water reuse: From ancient to modern times and the future. **Frontiers in Environmental Science**, v. 6, n. 26. maio, 2018.

ARAÚJO, B. M.; SANTOS, A. S. P.; SOUZA, F. P. DE. Comparativo econômico entre o custo estimado do reuso do efluente de ete para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a Região Sudeste Do Brasil. **Perspectivas Online: exatas & engenharia**, v. 17, n. 07, p. 51–61, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**. Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.783**. Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

BAHIA. RESOLUÇÃO nº. 75, de 29 de julho de 2010. Conselho Estadual De Recursos Hídricos – CONERH. **Diário Oficial do Estado da Bahia**. Salvador/BA, 2010

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C., **Interactive Spatial Data Analysis**, London: Longman, 1995.

BOLFE, É. L.; MATIAS, L. F.; FERREIRA, M. C. Sistemas de informação geográfica: uma abordagem contextualizada na história. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 33, n. 1, p. 69-88, jan./abr. 2008.

BORGES, K. A. V; DAVIS JR, C. A.; LAENDER, A. H. F. Modelagem conceitual de dados geográficos. In: CASANOVA, et. al. **Banco de Dados Geográfico**. Curitiba: MundoGEO, 2005. Capítulo 3. p. 83-136, 2005.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento**

sustentável. 2. ed. São Paulo: PEARSON PRENTICE HALL, 2005.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. MIDR - Departamento de Recursos Hídricos e Revitalização de Bacias Hidrográficas. **Minuta de Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências**. Disponível em: < <https://www.gov.br/participamaisbrasil/resolucao-do-cnrh-reuso-nao-potavel> >. Acesso em: 19 de ago. 2023.

BRASIL. Ministerio do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Brasília. 2022.

BRASIL. Ministerio do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Série Histórica**. 2021. Disponível em:< <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#STEAS> >. Acesso em: 12 de ago. 2023.

BRASIL. Resolução CNRH nº 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2005.

BRASIL. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios para reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2005.

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; CARNEIRO, P. R. F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na metrópole do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX, n. 41, p. 185-208, jan/mar 2016.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. Divisão de Processamento de Imagens – DPI. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>>. Acesso em 3 de novembro de 2021.

CAMPINAS. Resolução Conjunta SVDS/SMS Nº 09/2014, de 04 de ago. 2014. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reuso direto não potável de água,

CARMO, R. L. et al. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. X, n. 1, p. 83-96, jan.-jun. 2007.

CATARINO, M. H. **Estrutura de banco de dados para big data**. 1. Ed. São Paulo. Editora Senac São Paulo, 2023.

CEARÁ. Lei nº16.033, de 20 de junho de 2016. Dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, CE, nº116, p. 10. 22 de junho de 2016.

DATAPEDIA. São Paulo. 2023. Disponível em: <<https://datapedia.info/cidade/4265/rj/niteroi#saneamento>>. Acesso em: 12 de ago. 2023.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 8. ed. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda., 2004.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 5.890, DE 12 DE JUNHO DE 2017. Estabelece diretrizes para as políticas públicas de reuso da água no Distrito Federal. **Diário Oficial do Distrito Federal**, Brasília, DF, ano XLVI, ed nº 114, 16 de junho de 2017, seção 1, p.1.

ESRI. O que é GIS. Disponível em: <<https://www.esri.com/pt-br/what-is-gis/overview>>. Acesso em 7 de outubro de 2023.

FARIA, A. A. et al. Avaliação Do Potencial De Reuso De Água Para Indústrias Na Região Metropolitana Do Rio De Janeiro. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 276–295, 2021.

FERREIRA, M. M. et al. O uso do SIG, para a gestão e monitoramento ambiental de Bacias Hidrográficas em Porto Velho - O Caso do Igarapé Belmont-Porto Velho-RO. In: Encontro Latinoamericano de Geógrafos (EGAL), 2009, Montevideo. **Artigo**. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevatecnologias/Sig/32.pdf>. Acesso em: 27 de jul. 2023.

FILHO, J. L. Et al. Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos: o estudo de caso do projeto PADCT/CIAMB. In: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Carvão e Meio Ambiente**. 1.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 440-458.

FOOTE, K. D. **A BRIEF HISTORY OF DATA MODELING**. Disponível em: <<https://www.dataversity.net/brief-history-data-modeling/#>>. Acesso em: 8 abr. 2023.

FORMIGA-JOHNSON, R. M.; BRITTO, A. L. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. **Revista ambiente e sociedade**, São Paulo, v. 23, p. 1–23, 2020.

FRANCK, K. M.; PEREIRA, R. F.; DANTAS FILHO, J. V. Diagrama Entidade-Relacionamento: uma ferramenta para modelagem de dados conceituais em Engenharia de Software. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. 12, 2021.

FUKASAWA, B. N.; MIERZWA, J. C. Modelo de suporte à decisão para implantação de programas de reuso não potável como ferramenta de planejamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14604–14641, março de 2020.

GIORDANO, G. **Conservação e Reuso de Água**. Espírito Santo: ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016. 6 p. Notas de aula.

GONÇALVES, C. DA S. et al. Mapeamento de fontes geradoras de resíduos de serviços de saúde através da utilização de SIG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v.32, p.17-27, 2020.

GUARDA, S. D. M. et al. Segmentação Distribuída de Imagem de Sensoriamento Remoto a partir de Banco de Dados PostgreSQL/InterIMAGE. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, p. 426–436, 2020.

HENDGES, L. T. et al. Reuso da água na agricultura : a realidade brasileira e experiências internacionais. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 9, p. 94–109, 2018.

HUANG, Z.; YUAN, X.; LIU, X. The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability. **Journal of Hydrology**, v. 601, p. 126658, 1 out. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=35938>>. Acesso em: 12 ago. de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/niteroi/panorama>>. Acesso em: 12 ago. de 2023.

IMASUL - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Resolução CERH/MS N° 72, de 15 de agosto de 2022. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. **Diário Oficial Eletrônico**, Mato Grosso do Sul, n° 10.917, 17 de agosto de 2022.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/outorga-de-direito/>>. Acesso em 9 de setembro de 2023.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Identificação e Caracterização das Relações Interfederativas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. BRASÍLIA: IPEA, 2021. p. 42 Relatório Técnico.

KANDIAH, V. K.; BERGLUND, E. Z.; BINDER, A. R. An agent-based modeling approach to project adoption of water reuse and evaluate expansion plans within a sociotechnical water infrastructure system. **Sustainable Cities and Society**, v. 46, 2019.

LANA, L. C. et. al. Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS – UERJ. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 10, n. 4, p. 260-278, out./dez. 2022.

LIMA, J. P.; LOBATO, K. C. D.; LEAL, F. Aplicação Do Idef-Sim Na Modelagem Conceitual De Processos De Seleção De Resíduos Sólidos Urbanos. In: XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2011. São Paulo. **Anais...** São Paulo, p. 2904–2913, 2011.

MARQUES, G. F.; CRUZ, R. C. C. Importância da Segurança em Banco de Dados. **REVISTA DE TECNOLOGIA INVEST**, v. 5, p. 1–13, 2021.

MINAS GERAIS. DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH-MG N° 65.2020. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. **Diário do Executivo**. MG, 18 DE JUNHO DE 2020, p. 10.

MIRANDA, S. V. DE. A Gestão da Informação e a Modelagem de Processos. **Revista do Serviço Público Brasília**, v. 61, n. 61, p. 97–112, 2010.

MOREIRA, T. M.; SEO, E. S. M. Reuso da água de chuva: uma alternativa sustentável para os períodos de escassez hídrica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 671–683, 2021.

MOTA, A. N.; NETO, M. B. S.; MELLO, R. S. Uma Extensão da Ferramenta brModeloWeb para o Suporte à Definição de Visões e Restrições de Integridade. In: Companion Proceedings of the 37 th Brazilian Symposium on Data, 2022, Búzios, RJ. **Anais**. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbbd_estendido/article/view/21848/21672>. Acesso em: 08 de ago de 2023.

NITERÓI. Lei Municipal de Niterói nº 2.856/2011, de 26 de julho de 2011. Estende as obrigações da Lei nº. 2630, de 07 de janeiro de 2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. **Câmara Municipal de Niterói**, Niterói, 26 jul. 2011.

OBRACZKA, M. et al. Aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE alegria para reuso em áreas urbanas. **In: 30º Congresso ABES**, 2019. Natal. Anais... p. 1-16, 2019b.

OBRACZKA, M. et al. Avaliação quantitativa do potencial de reuso industrial a partir dos efluentes de quatro estações de tratamento de esgoto na Região Metropolitana Do Rio De Janeiro, Brasil. **REVISTA S&G**, v. 16, p. 196–213, 2021

OBRACZKA, M. et al. Estado da arte e perspectivas de reuso de efluente de tratamento secundário de esgotos sanitários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: Congresso ABES FENASAN 2017. São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro, n. 1, p. 1–15, 2017.

OBRACZKA, M. et al. Reuso de efluentes de tratamento secundário como alternativa de fonte de abastecimento de água no município do Rio de Janeiro. **Sistemas & Gestão**, v. 14, n. 3, p. 291–309, 8 out. 2019a.

OUPERNEY, K. G. **A importância dos bancos de dados geográficos, geoprocessamento e dados na nuvem**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. ano 06, vol. 10, p. 167-175. Maio de 2021.

PARANÁ. Resolução CERH nº122, de 19 de junho de 2023. Estabelece diretrizes e critérios gerais para reuso de água no Estado do Paraná. **Diário Oficial Paraná**. Paraná, nº 11448, 19 jun. 2023. p.12-13.

PEREIRA, P. R. M.; COSTA, F. W. D.; JÚNIOR, A. R. G. Geoprocessamento aplicado na análise da fragilidade ambiental do Município de Brejo, Maranhão. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n. 2, p. 521–539, 2019.

PEREIRA, V. R. et al. Oportunidades de adaptação para a segurança hídrica no Brasil. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 106–121, 2020.

PGADMIN. pgAdmin is the most popular and feature rich Open Source administration and development platform for PostgreSQL, the most advanced Open Source database in the world. Disponível em: <<https://www.pgadmin.org/>>. Acesso em: 7 de setembro de 2023.

PIRES, A. P. F. (Coord). **Relatório temático água: BPBES Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2020. p. 120. Relatório técnico.

Proveniente de estações de tratamento de esgoto (etes) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no Município De Campinas. **Diário Oficial de Campinas**, Campinas, SP, nº10.924, 04 de ago. 2014, p.25

RAMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. **Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados**. 3. ed. Porto Alegre. AMGH, McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda., 2011.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329–339, 2020. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/750>>. Acesso em: 5 de maio de 2023.

RIBEIRO, V. DE O. et al. Identificação de Área para a Instalação de Estação de Tratamento de Esgoto em Coronel Sapucaia (MS), Utilizando Álgebra de Mapas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 2, p. 685–698, 2018.

RIBEIRO, Costa Wagner. *Geografia Política da Água*. São Paulo: Annablume, 2008.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 47.403, de 15 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a política de reuso de água para fins não potáveis no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro. ano XLVI, nº232, 16 de dez. 2020, parte I. 2020b.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 9.164, de 28 de dezembro de 2020. Regulamenta os procedimentos para armazenamento e retardo de água de chuva em perímetros urbanos para aproveitamento e postergação de sua descarga na rede pública, além da acumulação de água cinza clara para seu tratamento e uso em fins cuja água não necessite ter caráter potável consoante as normas técnicas e dá outras providências e revoga a Lei nº 7.463, de 18 de outubro de 2016. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, ano XLVI, nº239, 29 de dez. 2020, parte I. 2020a.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Panorama geral das oportunidades de reuso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: SEAS: UERJ, 2022. 102 p.

RIO GRANDE DO NORTE. **Lei nº 11.332, de 30 dezembro de 2022**. Dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte**. Rio Grande do Norte, 30 dez. de 2022, nº 15.337, p. 01-03.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Resolução Nº 419/2020. 2020. Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reuso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul, 21 fev. de 2020. p.274.

RODRIGUES, A. L. T. **Desenvolvimento Industrial e mudanças econômicas no município de Duque de Caxias-RJ**. 2022. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2022, Rio de Janeiro, 2022.

SANTOS, A. C. P.; MATSUOKA, J. V.; identificação de áreas aptas à instalação de estação de tratamento de esgoto descentralizadas no Município De Monte Carmelo - MG utilizando o método AHP e álgebra de mapas. **GETEC**, v.10, n.34, p.1-20, 2021.

SANTOS, A. S. P. et al. Progress on legal and practical aspects on water reuse with emphasis

on drinking water – an overview. **Water Supply**, v. 22, n. 3, p. 3000–3014, 2022.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. DE A. M. Nota Técnica 2 - Aspectos legais relacionados ao reuso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. **Cadernos técnicos engenharia sanitária e ambiental**. V. 2, n.3, p. 15–27, 2022

SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Reuso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 50-68, 2020.

SANTOS, K. M. S.; OLIVEIRA, M. F. DE; ALBUQUERQUE, T. M. A. Reuso de água como alternativa de gestão de oferta. In: Encontro De Recursos Hídricos, 12., 2019, Sergipe. **Água para Todos: Não Deixar Ninguém para Trás**. Sergipe: ABRHIDRO, 2019. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=4775>>. Acesso em: 5 de maio de 2023.

SANTOS, V. DOS S. S.; MARQUES, G. G. L.; SANTOS, F. P. DOS. A SEGURANÇA HÍDRICA NO CONTEXTO DA COVID-19. **Revista Mundo Livre**, v. 7, p. 89–109, 2021.

SÃO PAULO (Estado). Resolução conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de junho de 2017. Disciplina o reuso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 29 de jun. 2017. Seção I p. 41/42.

SÃO PAULO (Município). Lei Municipal nº 16.174, de 22 de abril de 2015. Estabelece regramento e medidas para fomento ao reuso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal nº 13.309/2002, no âmbito do Município de São Paulo e dá outras providências. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, SP, 22 abr. 2015.

SARMENTO, É. B. et al. Uso Do SIG No Mapeamento De Aterros Sanitários Que Produzem Biogás Visando a Geração De Energia Elétrica No Brasil: Impactos Sociais, Ambientais E Econômicos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 1040, 2020.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **ANUÁRIO DO TRABALHO na Micro e Pequena Empresa**. BRASÍLIA: SEBRAE, 2013. p. 288, Relatório Técnico.

SEPLAG. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO (RJ). **Caderno de Planejamento: Municípios em dados**. Rio de Janeiro: CIP-Brasil. catalogação-na-fonte sindicato nacional dos editores de livros, RJ, 2013. n. 1, p. 55. Relatório Técnico.

SHOUSHTARIAN, F.; NEGAHBAN-AZAR, M. World wide regulations and guidelines for agriculturalwater reuse: A critical review. **Water**, v. 12, n. 4, p.971, 2020.

SILVA, P. I. M. S. **CISSA: modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo**. 2020. p.88. Dissertação (mestrado em Ciência da computação) – Universidade Federal de Sergipe, 2020, Sergipe, 2020.

SILVA, R. E. S. DA. Projeto de Banco de Dados Relacional. **Universidade Aberta do Brasil do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense**, v. 14, p. 282, 2012.

SIMSION, C. S.; WITT G. C. **DATA MODELING ESSENTIALS**. 3ed. San Francisco, CA. Morgan Kaufmann, 2005.

SPADOTTO, A. Desenvolvimento de Modelo Conceitual para Concepção de Projetos para Desconstrução. 2022. 125f. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

VILLACRESES, G. et al. Geolocation of photovoltaic farms using Geographic Information Systems (GIS) with Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods: Case of the Ecuadorian energy regulation. **Energy Reports**, v. 8, p. 3526–3548, 1 nov. 2022.

VILORIA, A. et al. Integration of data mining techniques to postgresQL database manager system. **Procedia Computer Science**, v. 155, n. 2018, p. 575–580, 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM (2021). **The Global Risks Report**. 16th Edition. Geneva: World Economic Forum, 2021. p. 97. Relatório Técnico. Disponível em: <<https://www.qbusiness.pl/uploads/Raporty/globalrisk2021.pdf>>. Acesso em: 20 janeiro de 2022.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento Conceitos E Definições. **Revista de Geografia**, v.7, n°2, p.195-201, 2017.

APÊNDICE A - CÓDIGOS DO SISTEMA

CÓDIGO 1: Transformar arquivos em PDF para Excel

```
import PyPDF2
import pandas as pd
import os
def extrair_texto_pdf(caminho_pdf):
    texto = ""
    with open(caminho_pdf, "rb") as arquivo_pdf:
        leitor = PyPDF2.PdfReader(arquivo_pdf)
        num_paginas = len(leitor.pages)
        for pagina in range(num_paginas):
            objeto_pagina = leitor.pages[pagina]
            texto += objeto_pagina.extract_text()
    return texto
caminho_do_pdf = "/content/1 - BELFORD ROXO.pdf"
texto_extraido = extrair_texto_pdf(caminho_do_pdf)
print(texto_extraido)
dados = texto_extraido.split('\n')
list_dic = []
for txt in dados:
    if txt.isupper() and "CNPJ" not in txt:
        index = dados.index(txt)
        dic = {'Empresa':txt}
        for data in dados[index+1:]:
            if ":" not in data :
                break
            data_split = data.split(':')
            if len(data_split) > 1:
                dic[data_split[0]] = data_split[1]
            list_dic.append(dic)
print('-----')
```

```
df = pd.DataFrame(list_dic)[['Empresa:', 'Endereço Fab.', 'Bairro', 'Município', 'Estado',
'Cep',
    'Fone', 'Fax', 'CNPJ', 'Diretor(es)', 'E-mail', 'Home Page',
    'Número de Empregados', 'Produtos', 'Setor de Atividade']]
df.drop_duplicates().to_excel('BELFORDROXO.xlsx')
```

CÓDIGO 2: Encontrar coordenadas geográficas pelo endereço

```
function getGeocodingRegion() {
    return
PropertiesService.getDocumentProperties().getProperty('GEOCODING_REGION') || 'us';
}
/*
function setGeocodingRegion(region) {
    PropertiesService.getDocumentProperties().setProperty('GEOCODING_REGION',
region);
    updateMenu();
}
function promptForGeocodingRegion() {
    var ui = SpreadsheetApp.getUi();
    var result = ui.prompt(
        'Set the Geocoding Country Code (currently: ' + getGeocodingRegion() + ')',
        'Enter the 2-letter country code (ccTLD) that you would like ' +
        'the Google geocoder to search first for results. ' +
        'For example: Use \'uk\' for the United Kingdom, \'us\' for the United States, etc. ' +
        'For more country codes, see: https://en.wikipedia.org/wiki/Country\_code\_top-
level\_domain',
        ui.ButtonSet.OK_CANCEL
    );
    // Process the user's response.
    if (result.getSelectedButton() == ui.Button.OK) {
        setGeocodingRegion(result.getResponseText());
    }
}
```

```

}
*/
function addressToPosition() {
    var sheet = SpreadsheetApp.getActiveSheet();
    var cells = sheet.getActiveRange();

    // Must have selected 3 columns (Address, Lat, Lng).
    // Must have selected at least 1 row.
    if (cells.getNumColumns() != 3) {
        Logger.log("Must select at least 3 columns: Address, Lat, Lng columns.");
        return;
    }
    var addressColumn = 1;
    var addressRow;
    var latColumn = addressColumn + 1;
    var lngColumn = addressColumn + 2;
    var geocoder = Maps.newGeocoder().setRegion(getGeocodingRegion());
    var location;
    for (addressRow = 1; addressRow <= cells.getNumRows(); ++addressRow) {
        var address = cells.getCell(addressRow, addressColumn).getValue();
        // Geocode the address and plug the lat, lng pair into the
        // 2nd and 3rd elements of the current range row.
        location = geocoder.geocode(address);
        // Only change cells if geocoder seems to have gotten a
        // valid response.
        if (location.status == 'OK') {
            lat = location["results"][0]["geometry"]["location"]["lat"];
            lng = location["results"][0]["geometry"]["location"]["lng"];
            cells.getCell(addressRow, latColumn).setValue(lat);
            cells.getCell(addressRow, lngColumn).setValue(lng);
        }
    }
};

function positionToAddress() {

```

```

var sheet = SpreadsheetApp.getActiveSheet();
var cells = sheet.getActiveRange();
// Must have selected 3 columns (Address, Lat, Lng).
// Must have selected at least 1 row.
if (cells.getNumColumns() != 3) {
  Logger.log("Must select at least 3 columns: Address, Lat, Lng columns.");
  return;
}
var addressColumn = 1;
var addressRow;
var latColumn = addressColumn + 1;
var lngColumn = addressColumn + 2;
var geocoder = Maps.newGeocoder().setRegion(getGeocodingRegion());
var location;
for (addressRow = 1; addressRow <= cells.getNumRows(); ++addressRow) {
  var lat = cells.getCell(addressRow, latColumn).getValue();
  var lng = cells.getCell(addressRow, lngColumn).getValue();
  // Geocode the lat, lng pair to an address.
  location = geocoder.reverseGeocode(lat, lng);
  // Only change cells if geocoder seems to have gotten a
  // valid response.
  Logger.log(location.status);
  if (location.status == 'OK') {
    var address = location["results"][0]["formatted_address"];
    cells.getCell(addressRow, addressColumn).setValue(address);
  }
}
};
function generateMenu() {
  // var setGeocodingRegionMenuItem = 'Set Geocoding Region (Currently: ' +
getGeocodingRegion() + ')';
  // {
  // name: setGeocodingRegionMenuItem,
  // functionName: "promptForGeocodingRegion"

```

```

// },
var entries = [{
  name: "Geocode Selected Cells (Address to Lat, Long)",
  functionName: "addressToPosition"
},
{
  name: "Geocode Selected Cells (Address from Lat, Long)",
  functionName: "positionToAddress"
}
]];
return entries;
}
function updateMenu() {
  SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().updateMenu('Geocode', generateMenu())
}
/**
 * Adds a custom menu to the active spreadsheet, containing a single menu item
 * for invoking the readRows() function specified above.
 * The onOpen() function, when defined, is automatically invoked whenever the
 * spreadsheet is opened.
 * For more information on using the Spreadsheet API, see
 * https://developers.google.com/apps-script/service_spreadsheet
function onOpen() {
  SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().addMenu('Geocode', generateMenu());
  // SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().addMenu('Region',
generateRegionMenu());
  // SpreadsheetApp.getUi()
  // .createMenu();
};

```

CÓDIGO 3: Roteamento

```

SELECT route.seq, route.node AS node_id, roads.gid, roads.source, roads.target,
roads.cost, roads.the_geom

```



```
FROM pgr_dijkstra(  
    'SELECT gid AS id, source, target, length AS cost FROM remodel.pgr_ways',  
    (SELECT source FROM remodel.pgr_ways ORDER BY the_geom <->  
        (SELECT the_geom FROM remodel.pgr_pointsofinterest WHERE  
pgr_pointsofinterest.name = 'ETE Penha') LIMIT 1),  
    (SELECT target FROM remodel.pgr_ways ORDER BY the_geom <->  
        (SELECT the_geom FROM remodel.pgr_pointsofinterest WHERE  
pgr_pointsofinterest.name = 'Empresa Y') LIMIT 1),  
    directed := false  
    ) AS route  
JOIN remodel.pgr_ways AS roads ON route.edge = roads.gid  
ORDER BY route.seq;
```

APÊNDICE B - PRODUTOS GERADOS PELO SIG CONFORME DFD

Quadro 2 - Representação do fluxo de dados considerando as informações requeridas e geradas

Concessionárias → SIG - Água de Reuso

Concessionária: Nome da Concessionária; Endereço.

ETE: Nome da ETE; Status_ETE (Ativa/Inativa); Vazão nominal; Água de Reuso (Sim/Não); Carga Orgânica e DBO Afluente.

Edificação da ETE: Endereço; Coordenada; Área total e área construída;

Tratamento: Tratamento Primário (descrição da tecnologia); Tratamento Secundário (descrição da tecnologia); Tratamento Terciário (descrição da tecnologia); Nomes e Valores dos Parâmetros de Qualidade da Água de Reuso ou para lançamento em corpo hídrico.

Tratamento - Corpo Hídrico: Vazão operacional de tratamento (QOp_Trat_CH); Nome do Corpo Hídrico.

Tratamento - Água de Reuso: Vazão operacional de geração de água de reuso (QOp_AR); Custo de produção de água de reuso; Tipologias da Água de Reuso (Especificações).

Abastecimento - Água de Reuso: Preço da Água de Reuso.

SIG - Água de Reuso → Concessionárias

Relatórios: Relatório de Produção, Venda e Faturamento de Água de Reuso por Tipologia; Relatório de Qualidade das Águas de Reuso Produzidas pelas ETEs e suas Finalidades; Relatório de Potenciais Consumidores de Água de Reuso que possuem Outorga; Relatório de Demanda e Atendimento de Consumidores de Água de Reuso, por Tipologia; Relatório de Atendimento do Consumidor de Água de Reuso.

Mapas: Mapa de Localização das ETEs e Potenciais Consumidores de Água de Reuso num raio de X km; Mapa com Rotas Preferenciais de Caminhões Pipas para Atendimento dos Consumidores de Água de Reuso; Mapa de Tipologias de Água de Reuso produzidas pelas ETEs; Mapa de *Clusters* de Potenciais Consumidores de Água de Reuso - Viabilidade de Implantação de Adutora; Mapa de Potenciais Consumidores que Poderiam Absorver toda a Água de Reuso do Tipo Y da ETE mais próxima.

Prefeitura → SIG - Água de Reuso

Bairros: Nome do bairro; Código do bairro; Região Administrativa.

Áreas de Planejamento: Nome da área; Código da área; (pode ser chave primária); População total.

Município: Nome; Código

SIG - Água de Reuso → Prefeitura

Relatórios: Relatório de Qualidade das Águas de Reuso Produzidas pelas ETEs e suas Finalidades; Relatório de Demanda e Atendimento de Consumidores de Água de Reuso, por Tipologia.

Mapas: Mapa de Localização das ETEs e Potenciais Consumidores de Água de Reuso num raio de X km; Mapa com Rotas Preferenciais de Caminhões Pipas para Atendimento dos Consumidores de Água de Reuso; Mapa de Tipologias de Água de Reuso produzidas pelas ETEs; Mapa de *Clusters* de Potenciais Consumidores de Água de Reuso - Viabilidade de Implantação de Adutora; Mapa de Potenciais Consumidores que Poderiam Absorver toda a Água de Reuso do Tipo Y da ETE mais próxima.

Consumidores/FIRJAN → SIG - Água de Reuso

Consumidor: Nome; CNPJ; Atividade; Número de funcionários;

Edificação: Endereço; Coordenada; Área total e área construída;

Fontes de Abastecimento: Nome (adutora, caminhão pipa, etc.); Vazão/volume; Qualidade (Potável/Não Potável); Finalidade.

Demanda por Água de Reuso: Finalidade(s) de reuso (especificação de reuso); Vazão/volume requeridos.

SIG - Água de Reuso → Consumidores/FIRJAN

Relatórios: Relatório de Qualidade das Águas de Reuso Produzidas pelas ETEs e suas Finalidades; Relatório de Potenciais Consumidores de Água de Reuso que possuem Outorga; Relatório de Demanda e Atendimento de Consumidores de Água de Reuso, por Tipologia; Relatório de Atendimento do Consumidor de Água de Reuso

Mapas: Mapa de Localização das ETEs e Potenciais Consumidores de Água de Reuso num raio de X km; Mapa com Rotas Preferenciais de Caminhões Pipas para Atendimento dos Consumidores de Água de Reuso; Mapa de Tipologias de Água de Reuso produzidas pelas ETEs; Mapa de *Clusters* de Potenciais Consumidores de Água de Reuso - Viabilidade de Implantação de Adutora; Mapa de Potenciais Consumidores que Poderiam Absorver toda a Água de Reuso do Tipo Y da ETE mais próxima.

IBGE → SIG - Água de Reuso

Dados Gráficos da INDE: Outorgas superficiais e subterrâneas; (verificar data de atualização); Base Hidrográfica; Arruamentos/Vias; Bacias Hidrográficas; outros...

Governos Estaduais / Associações / Agências → SIG Água de Reuso

Parâmetros de Qualidade - Água de Reuso: Valores orientadores dos parâmetros das águas de reuso, para cada tipologia/especificação.

SIG Água de Reuso → Governos Estaduais / Associações / Agências

Mapas: Mapa de Localização das ETEs e Potenciais Consumidores de Água de Reuso num raio de X km; Mapa de Tipologias de Água de Reuso produzidas pelas ETEs; Mapa de *Clusters* de Potenciais Consumidores de Água de Reuso - Viabilidade de Implantação de Adutora; Mapa de Potenciais Consumidores que Poderiam Absorver toda a Água de Reuso do Tipo Y da ETE mais próxima.

INEA → SIG - Água de Reuso

Documento de Outorga: Tipo (Captação/Lançamento); Número do documento; Data de Início de Vigência; Data de Vencimento; Status (Válida ou não); Vazão máxima outorgada (m³/h); Vazão média outorgada (m³/h); Volume diário (m³); Finalidade de uso; Coordenada de captação (lat./long.); Descrição; Declaração Anual de Recursos Hídricos (DAURH).

Parâmetros de Qualidade do Efluente Tratado: Nomes e Valores dos Parâmetros; Vazão Afluente/Efluente; Carga Orgânica e DBO Afluente;

SIG - Água de Reuso → INEA

Relatórios: Relatório de Qualidade das Águas de Reuso Produzidas pelas ETEs e suas Finalidades; Relatório de Potenciais Consumidores de Água de Reuso que possuem Outorga; Relatório de Demanda e Atendimento de Consumidores de Água de Reuso, por Tipologia.

Mapas: Mapa de Localização das ETEs e Potenciais Consumidores de Água de Reuso num raio de X km; Mapa de Tipologias de Água de Reuso produzidas pelas ETEs; Mapa de *Clusters* de Potenciais Consumidores de Água de Reuso - Viabilidade de Implantação de Adutora; Mapa de Potenciais Consumidores que Poderiam Absorver toda a Água de Reuso do Tipo Y da ETE mais próxima.

APÊNDICE C - DESCRIÇÃO DOS ATRIBUTOS DA MODELAGEM DE DADOS

Quadro 3 - Atributos da modelagem de dados e suas descrições

Entidade ETE	
Atributos	Descrição
id_ETE	identificador da ETE
Nome_ETE	Nome da ETE
QNominal_ETE	Vazão que a ETE foi construída para operar. Para alterá-la é necessário obras(ampliação).
Status_ETE	ETE ativa ou inativa?
DBOAfluyente	DBO que chega na ETE pela rede de esgoto
CargaOrgânicaAfluyente	Carga Orgânica que chega na ETE pela rede de esgoto (carga= [] . Q)
AguaReuso	A ETE possui tratamento para reuso?
Entidade Concessionária	
Atributos	Descrição
ID_Conces	identificador da concessionária
Nome_Conc	Nome da concessionária
Endereço (Logradouro e Numero)	Endereço da concessionária
Entidade Bairro	
Atributos	Descrição
Codigo_Bairro	identificador de bairro
Nome_Bairro	Nome do Bairro
Entidade Vias	
Atributos	Descrição
Codigo_Vias	identificador de vias
Nome_via	Nome da via
Tipo_Via	via de trânsito rápido, via arterial, via coletora...
Entidade Áreas de Planejamento	
Atributos	Descrição
Codigo_Aplan	identificador de área de planejamento
PopulacaoTotal	Quantidade de pessoas dentro da área de planejamento
Entidade Municípios	

Atributos	Descrição
Codigo_Mun	identificador de município
Nome_Mun	Nome do Município
Entidade Tratamento	
Atributos	Descrição
ID_Tratamento	identificador do tratamento
Trat_Primario	Tecnologia aplicada ao tratamento primário
Trat_Secundario	Tecnologia aplicada ao tratamento primário
Trat_Terciario	Tecnologia aplicada ao tratamento primário
Destinação	O Efluente final está indo para o corpo hídrico ou será disponibilizado para o reuso?
Entidade Corpo Hídrico	
Atributos	Descrição
ID_CH	identificador do corpo hídrico
Nome_CH	nome do corpo hídrico
Entidade Par_Qualidade_Tratamento	
Atributos	Descrição
ID_ParQualTrat	identificador do parâmetro de qualidade do efluente tratado da ETE
Nome_ParQualTrat	Nomes dos parâmetros de qualidade do efluente tratado pela ETE
Valor_ParQualTrat	Valores dos parâmetro segundo normas e legislações para o efluente tratado pela ETE
Entidade Parâmetros_Legislação	
Atributos	Descrição
ID_ParLegislacao	identificador do parâmetro da legislação para água de reuso
Nome_ParLegislacao	Nomes dos parâmetros de qualidade da água de reuso de acordo com a atividade
Valor_ParLegislacao	Valores dos parâmetro segundo normas e legislações para reuso
Entidade Água de Reuso	
Atributos	Descrição
ID_AR	identificador da água de reuso
Especificações_AR	Tipo A, B, C... (Qualidade) para água de reuso
Entidade Consumidor	
Atributos	Descrição

ID_Consumidor	identificador de consumidor
Nome	Nome do consumidor
Atividade	Atividade desempenhada pelo empreendimento
NumFunc	Número de funcionários
CNPJ	CNPJ do consumidor
Documento_Outorga	
Atributos	Descrição
ID_DocOutorga	identificador do documento de outorga
Número	Número do documento de outorga (geralmente composto por letras e números)
Fim_uso	Finalidade de uso do recursos hídrico pelo usuário
Vigência	Data de vigência do documento de outorga
Vencimento	Data de vencimento do documento de outorga
Tipo(Capt/Lanc)	Tipo de outorga concedida ao usuário, podendo ser captação ou lançamento
Qmedia_outorgada	Vazão média outorgada, em m ³ /h
Qmax_outorgada	Vazão máxima outorgada, em m ³ /h
VolumeDiario	Volume diário, em m ³ , outorgado ao usuário (considerando a vazão máxima outorgada)
DAURH	Número da Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos (DAURH)
Coordenadas (X e Y)	Coordenada geográfica (latitude/longitude) do ponto de captação/lançamento
Entidade Edificação	
Atributos	Descrição
ID_Edificação	identificador da edificação
AreaConstruida	área construída que o empreendimento ocupa (m ² /km ² ...)
AreaTotal	área total do empreendimento (m ² /km ²)
Endereço (Logradouro e Numero)	Nome do logradouro
Coordenadas (X e Y)	Número da edificação

APÊNDICE D - PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REUSO PARA DIFERENTES ATIVIDADES

Tabela 9 - Padrões de qualidade da água de reuso para lavagem de veículos

Parâmetros	Unidade	Lavagem de Veículos
		NBR 13969:1997
pH	-	6.0 - 8.0
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	< 200
Turbidez	UNT	< 5
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 200
Cloro Residual	mg/L	0.5 - 1.5

Fonte: NBR 13969:1997

Tabela 10 - padrões de qualidade da água de reuso para Lavagem de Pisos, Calçadas e Irrigação de Jardins

Parâmetros	Unidade	Lavagem de Pisos, Calçadas e Irrigação de Jardins
		NBR 13969:1997
Turbidez	UNT	< 5
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 500
Cloro Residual	mg/L	> 0.5

Fonte: NBR 13969:1997

Tabela 11 - Padrões de qualidade da água de reuso para descarga dos vasos sanitários

Parâmetros	Unidade	Descarga dos Vasos Sanitários
		NBR 13969:1997
Turbidez	UNT	< 10
Coliformes Fecais	NMP/100mL	< 500

Fonte: NBR 13969:1997

Tabela 12 - Padrões de qualidade da água de reuso para torres de resfriamento

Parâmetros	Unidade	Torres de Resfriamento
		Giordano (2016)
pH	-	6.5 - 8.5
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	10
Turbidez	UNT	2
Coliformes Fecais	NMP/100mL	ausência

Alcalinidade Total	mg/L	100
Cloretos	mg/L	100
Condutividade	$\mu\text{S/cm}$	300
DBO	mg O ₂ /L	15
DQO	mg/L	20
Dureza Total	mg/L	100
Sílica	mg/L	10
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	70
Fosfato	mg/L	-
Cálcio	mg/L	25
Magnésio	mg/L	25
Ferro	mg/L	0,3
Alumínio	mg/L	0,2
Manganês	mg/L	0,1

Fonte: Giordano (2016)

Tabela 13 - Padrões de qualidade da água de reuso para água de geração de vapor

Parâmetros	Unidade	Água para geração de vapor					
		Faixa de controle, conforme a pressão de trabalho da caldeira, kgf/cm ² (GIORDANO, 2016)					
Alcalinidade Total	mg/L	300 - 400	250 - 300	150 - 200	120 - 150	100 - 120	80 - 100
Dureza Total	mg/L	0	0	0	0	0	0
Sílica	mg/L	100	50	30	10	5	3
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	4000	3500	3000	2000	500	300
Ferro	mg/L	10	5	3	2	2	1
Material orgânico	mg/L	70 - 100	70 - 100	70 - 100	50 - 70	50 - 70	50 - 70
Sulfitos	mg/L	30 - 60	30 - 40	20 - 30	15 - 20	10 - 15	5 - 10
Ortofosfato	mg/L	30 - 60	30 - 60	20 - 40	15 - 20	10 - 15	5 - 10

Fonte: Giordano (2016)

Tabela 14 - Padrões de qualidade da água de reuso para tamboreamento

Parâmetros	Unidade	Tamboreamento
		Pawar (2005)
pH	-	5.5 - 9.0
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	100
Cloretos	mg/L	600
DQO	mg/L	250
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	2100

Sulfatos	mg/L	1000
Fosfato	mg/L	5
Óleos e Graxas	mg/L	10
Cianeto	mg/L	0,2
Cromo Hexavalente	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	2
Chumbo	mg/L	0,1
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5

Fonte: Pawar (2005)

Tabela 15 - Padrões de qualidade da água de reuso para amassamento de concreto

Parâmetros	Unidade	Amassamento de Concreto
		ABNT (2005)
pH	-	>5
Cloretos	mg/L	<500
Sulfatos	mg/L	<2000
Fosfato	mg/L	<100
Chumbo	mg/L	<100
Óxido de Sódio	mg/L	<1500
Açúcares	mg/L	<100
Nitratos	mg/L	<500
Zinco	mg/L	<100

Fonte: ABNT (2005)

Tabela 16 - Padrões de qualidade da água de reuso para fins agrícolas e florestais

Parâmetros	Unidade	Fins agrícolas e florestais
		Resolução Consema N° 419 de 13/02/2020 - Estadual - Rio Grande do Sul
pH	-	Entre 6 e 9
Coliformes Fecais	NMP/100mL	104
Cloretos	mg/L	106,5
Alumínio	mg/L	5
Manganês	mg/L	0,2
Cianeto	mg/L	0,2
Cromo Hexavalente	mg/L	0,1
Cromo Total	mg/L	0,5
Chumbo	mg/L	0,5
Zinco	mg/L	2
Fenóis totais	mg/L	0,1

Ovos de helmintos	ovo/L	1
Arsênio	mg/L	0,1
Bário	mg/L	5
Boro	mg/L	0,5
Cádmio	mg/L	0,01
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	5
Fluoreto	mg/L	10
Mercúrio	mg/L	0,01
Molibdênio	mg/L	0,5
Níquel	mg/L	0,2
Selênio	mg/L	0,02
Sulfeto	mg/L	1
Vanádio	mg/L	0,1
Óleos e Graxas: mineral	mg/L	10
Óleos e Graxas: vegetal ou animal	mg/L	30

APÊDICE E - COEFICIENTES DE RETIRADA

Tabela 17 - Coeficiente de Retirada de água para a Indústria

Divisão	Grupo	Classe	Denominação	Coeficiente Retirada Litros.empregado.dia-1
		10112	Abate de reses, exceto suínos	2,491
	101	10121	Abate de suínos, aves e outros pequenos animais	2,904
		10139	Fabricação de produtos de carne	751
	102	10201	Preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado	1,187
		10317	Fabricação de conservas de frutas	1,55
	103	10325	Fabricação de conservas de legumes e outros vegetais	892
		10333	Fabricação de sucos de frutas, hortaliças e legumes	2,312
		10414	Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	2,769
	104	10422	Fabricação de óleos vegetais refinados, exceto óleo de milho	3,253
		10431	Fabricação de margarina e outras gorduras vegetais e de óleos não-comestíveis de animais	2,304
		10511	Preparação do leite	1,886
	105	10520	Fabricação de laticínios	2,089
10		10538	Fabricação de sorvetes e outros gelados comestíveis	1,396
		10619	Beneficiamento de arroz e fabricação de produtos do arroz	667
		10627	Moagem de trigo e fabricação de derivados	866
		10635	Fabricação de farinha de mandioca e derivados	2,387
	106	10643	Fabricação de farinha de milho e derivados, exceto óleos de milho	150
		10651	Fabricação de amidos e féculas de vegetais e de óleos de milho	4,261
		10660	Fabricação de alimentos para animais	902
		10694	Moagem e fabricação de produtos de origem vegetal não especificados anteriormente	2,288
	107	10716	Fabricação de açúcar em bruto	16,49
		10724	Fabricação de açúcar refinado	16,49
	108	10813	Torrefação e moagem de café	436
		10821	Fabricação de produtos à base de café	694
		10911	Fabricação de produtos de panificação	176
	109	10929	Fabricação de biscoitos e bolachas	248
		10937	Fabricação de produtos derivados do cacau, de chocolates e confeitos	596

		10945	Fabricação de massas alimentícias	404
		10953	Fabricação de especiarias, molhos, temperos e condimentos	2,269
		10961	Fabricação de alimentos e pratos prontos	1,666
		10996	Fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente	904
11	111	11119	Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	2,764
		11127	Fabricação de vinho	5,414
		11135	Fabricação de malte, cervejas e chopes	13,33
12	112		Fabricação de bebidas não-alcoólicas	4,782
			Fabricação de produtos do fumo	811
		13111	Preparação e fiação de fibras de algodão	1,347
	131	13120	Preparação e fiação de fibras têxteis naturais, exceto algodão	2,908
		13138	Fiação de fibras artificiais e sintéticas	6,473
		13146	Fabricação de linhas para costurar e bordar	1,803
		13219	Tecelagem de fios de algodão	1,395
13	132	13227	Tecelagem de fios de fibras têxteis naturais, exceto algodão	1,319
		13235	Tecelagem de fios de fibras artificiais e sintéticas	761
		133	Fabricação de tecidos de malha	2,292
		134	Acabamentos em fios, tecidos e artefatos têxteis	4,204
		135	Fabricação de artefatos têxteis, exceto vestuário	594
14	141		Confecção de artigos do vestuário e acessórios	510
	142		Fabricação de artigos de malharia e tricotagem	510
		151	Curtimento e outras preparações de couro	3,086
15	152		Fabricação de artigos para viagem e de artefatos diversos de couro	1,895
	153		Fabricação de calçados	1,895
	154		Fabricação de partes para calçados, de qualquer material	1,895
	161	16102	Desdobramento de madeira	250
		16218	Fabricação de madeira laminada e de chapas de madeira compensada, prensada e aglomerada	600
16	162	16226	Fabricação de estruturas de madeira e de artigos de carpintaria para construção	155
		16234	Fabricação de artefatos de tanoaria e de embalagens de madeira	351
		16293	Fabricação de artefatos de madeira, palha, cortiça, vime e material trançado não especificados anteriormente, exceto móveis	289

	171	Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	107,683
	172	17214 Fabricação de papel	8,167
		17222 Fabricação de cartolina e papel-cartão	8,159
		17311 Fabricação de embalagens de papel	409
	173	17320 Fabricação de embalagens de cartolina e papel-cartão	607
17		17338 Fabricação de chapas e de embalagens de papelão ondulado	409
		17419 Fabricação de produtos de papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado para uso comercial e de escritório	197
	174	17427 Fabricação de produtos de papel para usos doméstico e higiênico-sanitário	6
		17494 Fabricação de produtos de pastas celulósicas, papel, cartolina, papel-cartão e papelão ondulado não especificados anteriormente	321
18		Impressão e reprodução de gravações	173
	191	Coquearias	20,409
		19217 Fabricação de produtos do refino de petróleo	15,051
19	192	19225 Fabricação de produtos derivados do petróleo, exceto produtos do refino	1,611
	193	Fabricação de biocombustíveis	19,192
		20118 Fabricação de cloro e álcalis	5,323
		20126 Fabricação de intermediários para fertilizantes	2,929
	201	20134 Fabricação de adubos e fertilizantes	2,941
		20142 Fabricação de gases industriais	2,88
		20193 Fabricação de produtos químicos inorgânicos não especificados anteriormente	2,22
		20215 Fabricação de produtos petroquímicos básicos	2,172
	202	20223 Fabricação de intermediários para plastificantes, resinas e fibras	7,185
		20291 Fabricação de produtos químicos orgânicos não especificados anteriormente	7,185
		20312 Fabricação de resinas termoplásticas	4,014
20	203	20321 Fabricação de resinas termofixas	362
		20339 Fabricação de elastômeros	16,687
	204	20401 Fabricação de fibras artificiais e sintéticas	752
	205	Fabricação de defensivos agrícolas e desinfestantes domissanitários	2,077
		20614 Fabricação de sabões e detergentes sintéticos	1,165
	206	20622 Fabricação de produtos de limpeza e polimento	447
		20631 Fabricação de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	417
	207	20711 Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas	186
		20720 Fabricação de tintas de impressão	520

	20738	Fabricação de impermeabilizantes, solventes e produtos afins	494
	20916	Fabricação de adesivos e selantes	1,11
	20924	Fabricação de explosivos	567
209	20932	Fabricação de aditivos de uso industrial	771
	20941	Fabricação de catalisadores	2,978
	20991	Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente	1,954
	211	Fabricação de produtos farmoquímicos	1,257
21	21211	Fabricação de medicamentos para uso humano	499
	21220	Fabricação de medicamentos para uso veterinário	1,103
	21238	Fabricação de preparações farmacêuticas	146
	22111	Fabricação de pneumáticos e de câmaras-de-ar	1,44
221	22129	Reforma de pneumáticos usados	411
	22196	Fabricação de artefatos de borracha não especificados anteriormente	196
22	22218	Fabricação de laminados planos e tubulares de material plástico	188
	22226	Fabricação de embalagens de material plástico	149
	22234	Fabricação de tubos e acessórios de material plástico para uso na construção	148
	22293	Fabricação de artefatos de material plástico não especificados anteriormente	157
	23117	Fabricação de vidro plano e de segurança	2,636
231	23125	Fabricação de embalagens de vidro	1,88
	23192	Fabricação de artigos de vidro	1,88
232	23206	Fabricação de cimento	2,629
233		Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes	547
	23419	Fabricação de produtos cerâmicos refratários	379
234	23427	Fabricação de produtos cerâmicos não-refratários para uso estrutural na construção	190
	23494	Fabricação de produtos cerâmicos não-refratários não especificados anteriormente	155
	23915	Aparelhamento e outros trabalhos em pedras	360
239	23923	Fabricação de cal e gesso	2,546
	23991	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos não especificados anteriormente	1
241	24113	Produção de ferro-gusa	3,034
	24121	Produção de ferroligas	5,708
	24211	Produção de semi-acabados de aço	19,6
242	24229	Produção de laminados planos de aço	9,626
	24237	Produção de laminados longos de aço	6,419
	24245	Produção de relaminados, trefilados e perfilados de aço	1,477

243	24318	Produção de tubos de aço com costura	305
	24393	Produção de outros tubos de ferro e aço	885
244	24415	Metalurgia do alumínio e suas ligas	1,286
	24423	Metalurgia dos metais preciosos	19,415
	24431	Metalurgia do cobre	5,462
245	24491	Metalurgia dos metais não-ferrosos e suas ligas não especificados anteriormente	4,849
	24512	Fundição de ferro e aço	164
25	24521	Fundição de metais não-ferrosos e suas ligas	240
	251	Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada	173
	252	Fabricação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras	212
	253	Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais	337
	254	Fabricação de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas	143
	255	Fabricação de equipamento bélico pesado, armas de fogo e munições	683
	259	Fabricação de produtos de metal não especificados anteriormente	369
26		Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	182
27		Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	167
28		Fabricação de máquinas e equipamentos	203
29	291	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários	405
	292	Fabricação de caminhões e ônibus	183
	293	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores	84
	294	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	212
	295	Recondicionamento e recuperação de motores para veículos automotores	168
30	301	Construção de embarcações	1,95
	303	Fabricação de veículos ferroviários	432
	304	Fabricação de aeronaves	165
	305	Fabricação de veículos militares de combate	213
	309	Fabricação de equipamentos de transporte não especificados anteriormente	174
31		Fabricação de móveis	98
32		Fabricação de produtos diversos	842
33		Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	162

Fonte: ANA, 2017

**APÊNDICE F - DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS E DE SANEAMENTO:
SIGAS – UERJ**

Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS - UERJ

RESUMO

Luíara Castro de Lana

luiracastro@id.uff.br

<https://orcid.org/0000-0001-8375-5772>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Dayana Martins Nunes

dayana.mnunes@gmail.com

orcid.org/0000-0003-0078-3546

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Alfredo Akira Ohnuma Junior

akira@eng.uerj.br

<https://orcid.org/0000-0002-0772-9334>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Sérgio Orlando Antoun Netto

sergio.antoun@eng.uerj.br

<https://orcid.org/0000-0002-0490-3106>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Marcelo Obraczka

obraczka.uerj@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7322-9223>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) têm sido amplamente utilizados no planejamento ambiental, pois permitem incorporar e analisar cenários com grande variedade de informações, de forma integrada e otimizada. Nesse contexto, o Projeto SIGAS-UERJ objetiva desenvolver um SIG com ênfase em aplicações na área de meio ambiente e saneamento, servindo como suporte e ferramenta estratégica para atuação de gestores e técnicos de instituições públicas e privadas. A versão inicial do projeto está sendo prioritariamente desenvolvida visando apresentar o potencial de oferta e demanda de água de reúso para fins industriais não potáveis, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, considerando como potenciais geradores as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e como potenciais consumidores os setores industriais. Este artigo apresenta os objetivos, as etapas metodológicas (das fases de implantação) do projeto SIGAS-UERJ e os resultados preliminares das modelagens geradas a partir do SIG Água de Reúso.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reúso. Estação de Tratamento de Esgotos. Sistema de Informações Geográficas. Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais digital, a necessidade por informações atualizadas, confiáveis e manejadas de forma sistematizada é essencial em todas as áreas do conhecimento. De caráter interdisciplinar por natureza, a área ambiental abrange inúmeros aspectos, fazendo-se necessária uma gestão que integre todas as variáveis pertinentes a um determinado estudo, cujo aprimoramento pode ser alcançado através da aplicação de *softwares* e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

As ferramentas que compõem os SIGs melhoram a eficiência e eficácia do tratamento de informações sobre elementos e eventos localizados em regiões geográficas e podem facilitar seu reconhecimento e interpretação visual, inclusive auxiliando na navegação *in loco* para coleta e checagem de dados (Harvey, 2015; Longley, 2015). A redução de custos e prazos em projetos de escalas geográficas variadas também pode ser obtida com o uso de SIGs, uma vez que tal abordagem permite o uso de técnicas de agrupamento de dados multifontes (Teixeira et al., 2005; Moreira et al., 2007).

Há uma gama de atividades na área ambiental que demanda a análise sistêmica de dados espaciais, com base em imagens de satélite e produtos aerofotogramétricos, tais como: (i) monitoramento integrado de recuperação ou conservação de áreas protegidas e de risco; (ii) mapeamento de áreas suscetíveis à processos erosivos; (iii) gerenciamento de bacias hidrográficas, incluindo diagnóstico físico da rede hidrográfica e identificação de áreas susceptíveis a inundação; (iv) avaliação da cobertura e uso do solo; (v) identificação e monitoramento/controle de fontes poluidoras; (vi) variabilidade espacial de parâmetros climáticos; e (vii) potencial de aproveitamento de águas de chuva e de águas de reúso, entre outras.

Entretanto, os dados geográficos disponíveis encontram-se usualmente dispersos em diversas fontes, tornando o seu acesso não somente difícil, como carente de interface com outras informações de interesse, prejudicando o desenvolvimento e a execução de atividades estratégicas como análise, planejamento, elaboração e implantação de projetos e monitoramento.

Diante deste contexto, e considerando que existem diversas interfaces entre as áreas da engenharia ambiental, saneamento, geotecnologias, planejamento urbano e de recursos hídricos que necessitam ser associados e estarem mais disponíveis para análise, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), por meio de uma parceria entre os seus departamentos de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA) e de Engenharia Cartográfica (CARTO), está em desenvolvimento um Projeto denominado Sistema de Informações Geográficas para aplicações Ambientais e de Saneamento da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (SIGAS-UERJ)

Além de proporcionar maiores subsídios técnicos/científicos para análise, planejamento e tomadas de decisão, a proposta de “centralização” de dados de caráter ambiental e o manejo integrado dessas informações a partir de um SIG facilitará o acesso dos pesquisadores e demais usuários, ajudando a difundir o conhecimento das temáticas envolvidas para outros nichos/grupos de pesquisa, e ainda possibilitando o desenvolvimento de inúmeros projetos e a criação de novas colaborações e parcerias. Cada novo projeto a ser desenvolvido pode gerar e

agregar uma massa considerável de dados que poderão ser utilizados em novas aplicações, e assim sucessivamente, evitando retrabalhos e ampliando o compartilhamento de informações.

A água de reúso pode ser descrita como o uso de águas anteriormente utilizadas, uma ou mais vezes, em diferentes atividades humanas, suprimindo necessidades de outros usos oportunos, incluindo o original (Lavrador Filho, 1987; Pereira et al., 2020). O reúso de água é um dos instrumentos de gestão para se alcançar a segurança hídrica, beneficiando o uso eficiente da água e diminuindo a pressão sobre os corpos hídricos (Leverenz et al., 2011; UN-WATER, 2013; Pereira, 2020).

Cerca de 50% do esgoto gerado no mundo é tratado e somente 11% é reusado de maneira planejada (Jones et al., 2020). No Brasil, esses valores correspondem a 45% de esgoto tratado e 1,5% reusado de maneira planejada, aproximadamente (Santos; Vieira, 2020). Segundo Faria et al. (2021), enquanto o reúso no ambiente corporativo vem sendo crescentemente implementado, notadamente nas grandes indústrias, a utilização de efluente tratado considerando o universo das principais ETEs na RMRJ para atendimento de demandas hídricas é incipiente. Segundo esses autores, menos de 0,5% da vazão total de tratamento é reutilizada. De acordo com o trabalho de Silva Jr e Obraczka (2020), analisando o atendimento de um cluster de 4 Centrais Dosadoras de Concreto no Caju (bairro do Rio de Janeiro), a partir dos efluentes da ETE Alegria, a não utilização de água de reúso se configura como um grande desperdício, tanto pela vazão e qualidade do efluente disponível como pelo cenário de escassez hídrica e elevado custo da água de fontes convencionais na RMRJ.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) refere-se somente à utilização segura de águas residuais para agricultura, assim como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). As diretrizes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) são voltadas para a irrigação de campos de golfe e a recarga de aquíferos (Sanz & Gawlik, 2014).

O reúso da água é praticado na agricultura desde tempos antigos em países como China, Índia e Egito. As primeiras diretrizes e padrões sobre reúso de água apareceram por volta do século XX (Moura et al., 2020). No Brasil, a água de reúso está sendo aplicada em diversas atividades não potáveis, como na agricultura, irrigação paisagística, limpeza urbana, lavagem de veículos e em sanitários nos shopping centers. Entretanto, não há uma legislação específica para água de reúso que garanta qualidade sanitária a nível colimétrico e físico-químico para as diferentes possibilidades de destinação (Moura et al., 2020).

Mais recentemente, porém, devido ao crescente interesse e necessidade, diversos instrumentos institucionais e normativos foram promulgados em vários estados do país, como Ceará, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, enfatizando o reúso para fins não potáveis. Em dezembro de 2020, o estado do Rio de Janeiro (ERJ) estabeleceu sua Política Estadual de Reúso para fins não potáveis a partir do Decreto Estadual nº47.403, de 15 de dezembro de 2020 (RIO DE JANEIRO, 2020), com o objetivo de viabilizar e estimular essa prática no ERJ.

O projeto piloto do SIGAS-UERJ está sendo desenvolvido no contexto do aproveitamento de águas de reúso para fins não potáveis, a partir tanto do potencial de geração das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) quanto do potencial de consumo das indústrias localizadas na Região Metropolitana do Rio

de Janeiro (RMRJ), RJ/Brasil. Os dados utilizados no projeto piloto foram dados de vazão, localização e qualidade tanto fornecida quanto requerida. De forma resumida, o projeto piloto SIGAS-UERJ água de reúso está fundamentado nas seguintes questões:

- a) Cenários atuais e futuros de crise e escassez hídrica e aumento do custo da água de fontes convencionais;
- b) Ausência de investimentos privados pela carência de infraestrutura adequada de saneamento, contribuindo para estagnação econômica em vários cenários na RMRJ e no ERJ;
- c) Aspectos institucionais inovadores: Novo Marco do Saneamento (Lei nº14.026/2020); Política Estadual de Reúso do ERJ (Decreto Estadual nº47.403/2020);
- d) Suporte institucional de instrumentos e colegiados disponíveis, entre eles: o Projeto REGEN (Implementação de Reúso de Efluentes na RMRJ) junto à FAPERJ; o Convênio/Projeto CEDAE REUSA; e o Grupo Intersetorial de Reúso e Biogás do ERJ;
- e) Água de reúso como insumo/alternativa de abastecimento de água mais viável para as empresas e ainda como fonte potencial de novas receitas para as concessionárias de saneamento; e
- f) Redução/maior controle da poluição e melhoria das condições ambientais e da qualidade dos corpos hídricos.

Dessa maneira, o Projeto SIGAS-UERJ servirá num futuro próximo como ferramenta estratégica para suporte aos gestores de instituições públicas e privadas, além de fomentar estudos e pesquisas acadêmicas.

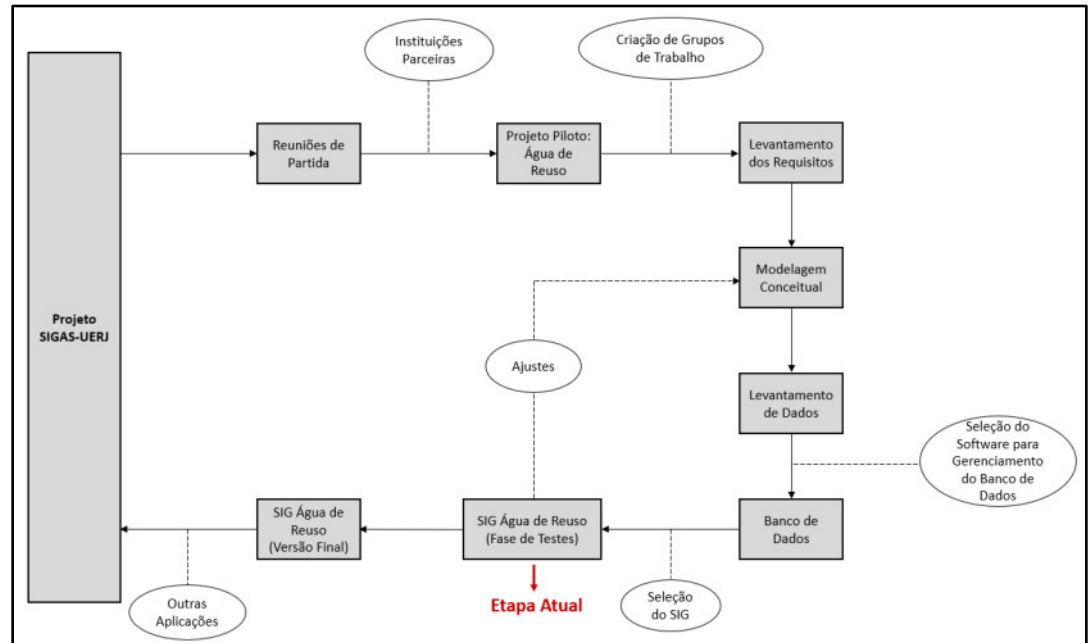
Esse artigo tem por objetivo principal apresentar os produtos resultantes em desenvolvimento de um sistema de informações geográficas, com ênfase em aplicações na área ambiental e de saneamento, quais sejam: o Levantamento de Requisitos, o Diagrama de Conceito da Modelagem de Dados e a Implementação de um dos Requisitos do Sistema.

Vale salientar que não é o escopo deste artigo apresentar a modelagem e a implementação do sistema, apenas alguns produtos gerados em cada fase do desenvolvimento do Projeto. Oportunamente, será desenvolvido um novo manuscrito detalhando a modelagem e a implementação do Sistema.

MÉTODOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ e do SIG Água de Reúso consistiu em diversas etapas sequenciais que correspondem às fases de implementação do projeto, como destacado no diagrama da Figura 1.

Figura 1 - Etapas de desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ e SIG Água de Reúso



Fonte: Autoria própria (2021).

As etapas metodológicas do projeto são descritas sucintamente a seguir:

- a) Reuniões de partida: definição do escopo geral, objetivos e metas do projeto; definição dos parceiros e colaboradores; estruturação da equipe;
- b) Identificações das instituições parceiras instituições parceiras do setor público e privado representadas pelos órgãos ambientais e recursos hídricos como Rio Águas (âmbito municipal), SEAS e INEA (âmbito estadual) e ANA (âmbito federal), concessionárias de saneamento como a CEDAE, Águas do Rio e Águas do Brasil, e prefeituras municipais do Rio de Janeiro e Niterói. Os dados se encontram disponíveis nos bancos de dados e sites oficiais dessas instituições, em relatórios executivos e gerenciais ou em trabalhos técnicos e científicos relacionados ao tema, visando à formalização de convênios e termos de cooperação;
- c) Projeto piloto – Água de Reúso: desenvolvimento de um SIG para avaliar o aproveitamento de água de reúso para fins não potáveis, considerando os potenciais geradores (ETEs) e consumidores (indústrias) localizados na RMRJ;
- d) Criação de grupos de trabalho: formação e definição das responsabilidades e atribuições dos quatro grupos de trabalho, a saber: Planejamento; Elaboração; Construção; Operação;
- e) Desenvolvimento das tarefas pelos grupos de trabalho: as etapas do desenvolvimento das tarefas com respectivos detalhamentos são apresentadas a seguir;
- f) Definição do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD): o SGBD é um sistema que possibilita o armazenamento, busca e

atualização de informações com o intuito de auxiliar os processos de alguma atividade (Date, 2004);

- g) Banco de Dados: criação e implementação do banco de dados;
- h) Definição do SIG (*software*): Tian (2017) define um SIG como um sistema computacional que possibilita a coleta, processamento, edição, armazenamento, gerenciamento, compartilhamento, análise, modelagem e visualização de conjuntos de dados geográficos espacialmente referenciados para entender as relações espaciais, seus padrões e tendências e a tomada de decisões fundamentadas;
- i) SIG Água de Reúso (Fase de Testes): implementação do SIG Água de Reúso e realização de testes (consultas) com base nos requisitos do sistema. Caso sejam identificadas inconsistências nos resultados, ou resultados insatisfatórios, deve-se retornar à etapa da modelagem conceitual e proceder com os devidos ajustes;
- j) SIG Água de Reúso (Versão Final): deverá atender a todos os requisitos levantados;
- k) Outras aplicações: a arquitetura projetada para o SIG Água de Reúso permitirá o aprimoramento do projeto para novas aplicações, tais como avaliação do potencial de aproveitamento de águas de chuva e lodos de esgoto.

Cumpramos ressaltar que o Projeto se encontra atualmente na fase de implementação utilizando-se a arquitetura integrada de Banco de Dados Objeto-Relacional, qual seja: PostgreSQL 13.0 com extensão espacial pelo PostGIS 3.0.

DESENVOLVIMENTO DAS TAREFAS PELOS GRUPOS DE TRABALHO

A seguir, são apresentadas as atividades desenvolvidas pelos Grupos de Trabalho:

- a) Levantamento dos requisitos: o documento de requisitos é utilizado durante o processo de desenvolvimento de um *software* para documentar o conjunto de funcionalidades que um sistema deve prover, que foram coletados junto aos *stakeholders*. Os Requisitos Funcionais descrevem as funcionalidades do sistema desejadas pelos usuários. Os Requisitos Não Funcionais estão relacionados aos aspectos de qualidade e restrições. Os Requisitos de Interface especificam um item externo com o qual o sistema deve interagir. Por fim, os Requisitos Adiados consideram que futuramente poderão ser adicionadas novas funcionalidades ao *software*;
- b) Para estabelecer a prioridade dos requisitos foram adotadas as denominações “essencial”, “importante” e “desejável”. Essencial é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Importante é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Desejável é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Vale ressaltar

que maiores esclarecimentos das expressividades e seus respectivos percentuais são apresentados em Oliveira et al. (2022).

- c) Modelagem Conceitual: A modelagem de dados é o mecanismo utilizado para representar um conjunto de requerimentos de informações de negócio. É uma etapa fundamental para a implementação de um sistema de informação. Através da modelagem de dados é possível identificar as operações que deverão ser executadas pelo sistema, bem como as informações e os dados que serão manipulados por ele (Silva, 2011). Na referida modelagem foi utilizado Diagramas de Fluxo de Dados (DFD).

RESULTADOS

Os resultados preliminares referem-se à execução (parcial ou total) das etapas de Levantamento de Requisitos, Modelagem Conceitual e Implementação do Sistema para o projeto piloto do SIGAS: SIG Água de Reúso.

LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Na primeira versão do Documento de Requisitos foram identificados 22 requisitos, sendo 15 (quinze) funcionais, 5 (cinco) não funcionais, 1 (um) de interface e 1 (um) adiado, todos classificados de acordo com o grau de prioridade a eles associados, considerando três níveis: essencial, importante e desejável.

A título de exemplo, no Quadro 1 são apresentados e descritos 6 (seis) requisitos e suas respectivas classificações/grau de prioridade atribuídos.

Quadro 1 - Levantamento de requisitos do SIGAS – UERJ (continua)

Id	Requisito	Tipo	Prioridade
1	O sistema deve permitir a consulta da ETE mais próxima que possa fornecer uma vazão de X m ³ /dia de efluente/água de reúso com parâmetros de sais minerais abaixo da concentração de Y mg/l, atendendo aos limites para água de arrefecimento, visando suprir a demanda identificada de um <i>cluster</i> de 10 empresas situadas numa determinada região do Município do Rio de Janeiro.	Funcional	Essencial
2	O sistema deve permitir a consulta de toda a produção (vazão de tratamento nominal e operacional) de uma determinada ETE que produza distintas tipologias de água de reúso.	Funcional	Essencial
3	O sistema deve permitir a consulta dos potenciais consumidores de água de reúso que possuam ou não possuam outorga de água e que sejam mais viáveis de serem atendidos por caminhão pipa ou adutora, considerando aspectos como distância e demanda.	Funcional	Essencial

Quadro 1 - Levantamento de requisitos do SIGAS – UERJ (conclusão)

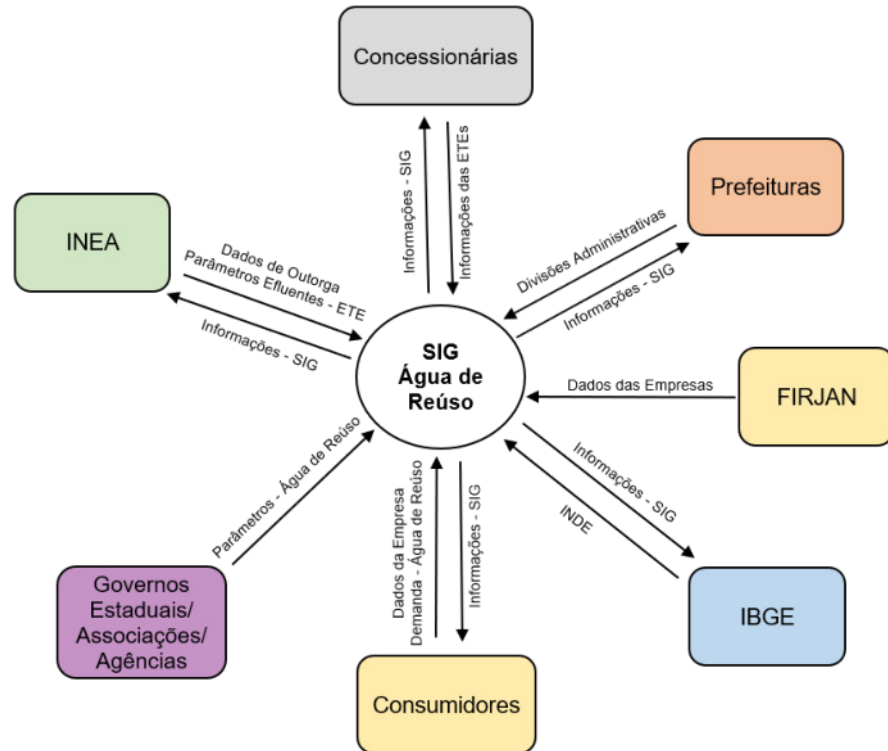
Id	Requisito	Tipo	Prioridade
4	O SGBD usado na implantação será o PostgreSQL 13.0 com extensão espacial pelo PostGIS 3.0. Os serviços de WMS e WFS usarão Geoserver 2.19. O serviço http usará node 12.15. Já o plugin criado será compatível com versões do QGIS 3.16 ou superior. O escopo do projeto é muito amplo para definirmos uma única linguagem de programação. O Python 3 é mais adequado para o desenvolvimento de plugins no QGIS (e no ArcGIS, futuramente). Para aplicações de mapas na web teremos muito Javascript executando no front-end, mas poderemos requerer Java, C++, Python ou PHP a depender do desdobramento do desenvolvimento.	Não funcional	Importante
5	O sistema deverá integrar camadas de informações utilizadas com padrões e normas preconizadas pela Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV) da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), compatível com sistemas como o do IBGE. (ET-EDGV 3.0, 2017)	Interface	Essencial
6	A arquitetura do sistema será projetada de modo que futuramente poderão ser adicionadas novas funcionalidades, além do reúso de água/efluentes tratados para fins industriais, não potáveis, tais como: sistemas de amortecimento e aproveitamento de água de chuva, reúso de lodos de ETAs e ETEs, análise de riscos de desastres ambientais etc. que serão projetados na forma de plugins adicionais.	Adiado	Importante

Fonte: A autoria própria (2021).

MODELAGEM CONCEITUAL DO SIGAS – ÁGUA DE REÚSO

A Figura 2 apresenta o Diagrama de Contexto, um dos produtos da etapa da modelagem conceitual (de processos) do sistema, o qual representa como se dará o fluxo de informações entre o SIGAS Água de Reúso e as instituições. As setas partindo das instituições (Concessionárias, Prefeituras, INEA, etc.) para o SIGAS Água de Reúso destacam os fluxos de dados necessários para alimentação e implantação do sistema, enquanto no sentido contrário, elas representam as informações que o SIG, por sua vez, será capaz de fornecer às instituições, como mapas, planilhas/tabelas e relatórios.

Figura 2 - Diagrama de Contexto do Projeto SIGAS-UERJ, com foco em Água de Reúso (SIG Água de Reúso)



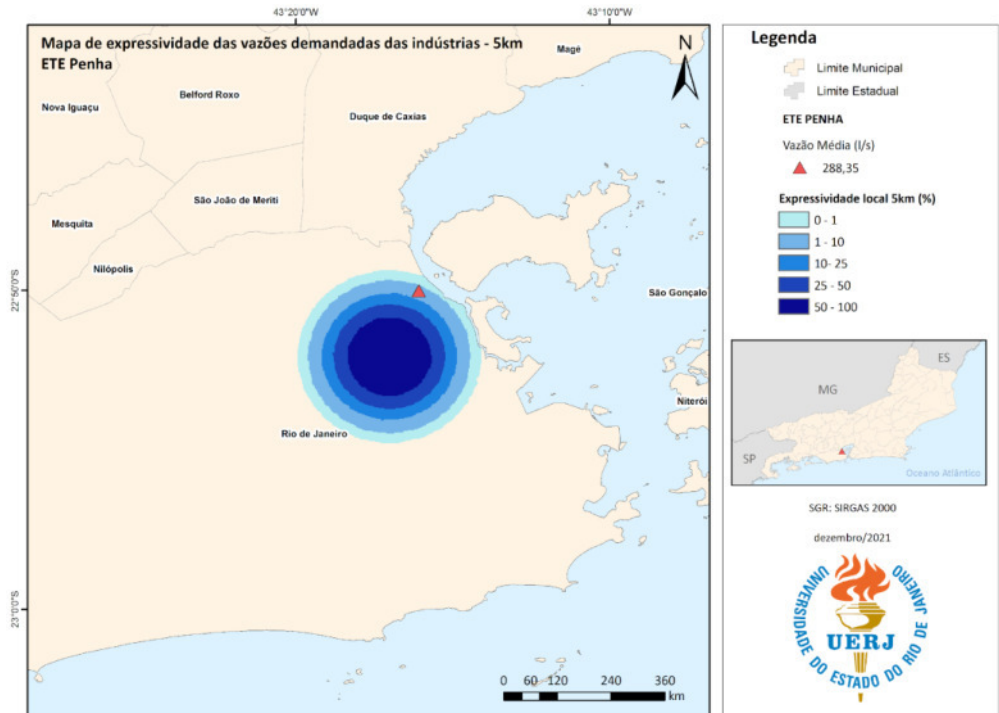
Fonte: Autoria própria (2021).

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO SIGAS-UERJ COM FOCO EM ÁGUA DE REÚSO (SIG ÁGUA DE REÚSO)

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam graficamente a implementação de um dos requisitos funcionais adotados como essencial, definido como: “Consumidores potenciais abrangidos em raio de X km de uma ETE”. Para tal, foram realizadas análises de expressividade das indústrias existentes nos raios de abrangência no entorno de cada ETE. Os cálculos de expressividade consideram a razão entre a vazão demandada pela indústria e o somatório de vazões demandadas por todas as indústrias na região de análise, em conformidade com Oliveira et al. (2022).

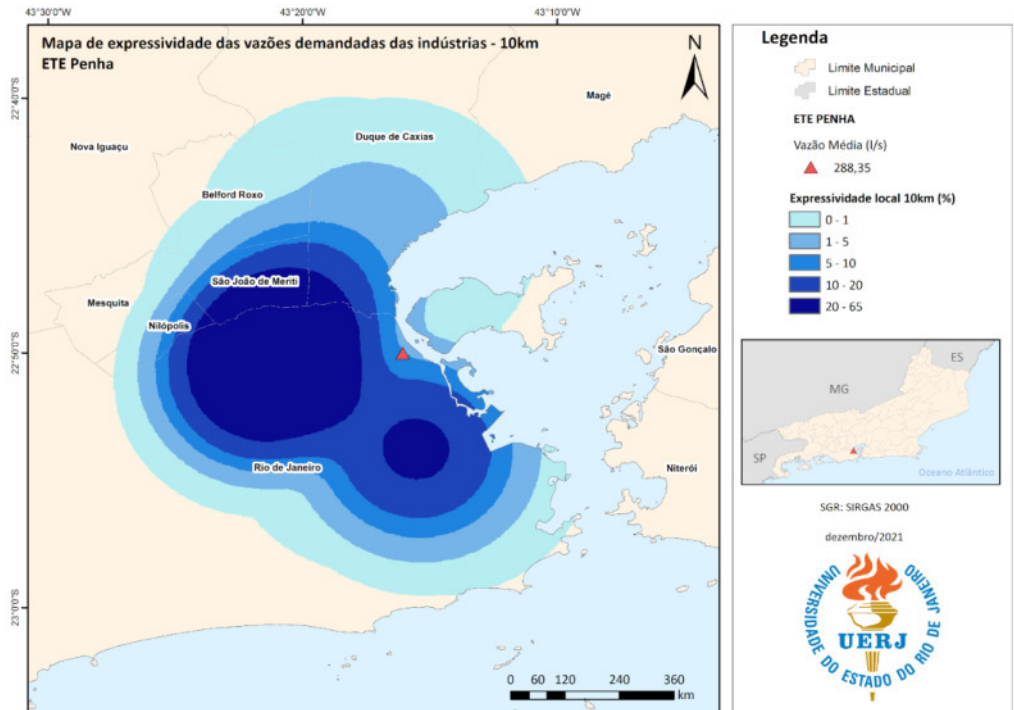
No presente caso, os resultados refletem uma modelagem considerando somente as empresas do Setor de Transformação (potenciais consumidores de água de reúso), e que dispõem de outorga de direito de uso de recursos hídricos, situadas em um raio máximo de 5, 10 e 20 km a partir da ETE Penha (potencial fornecedor de água de reúso), situada no bairro da Penha/RJ.

Figura 3: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 5Km da ETE Penha



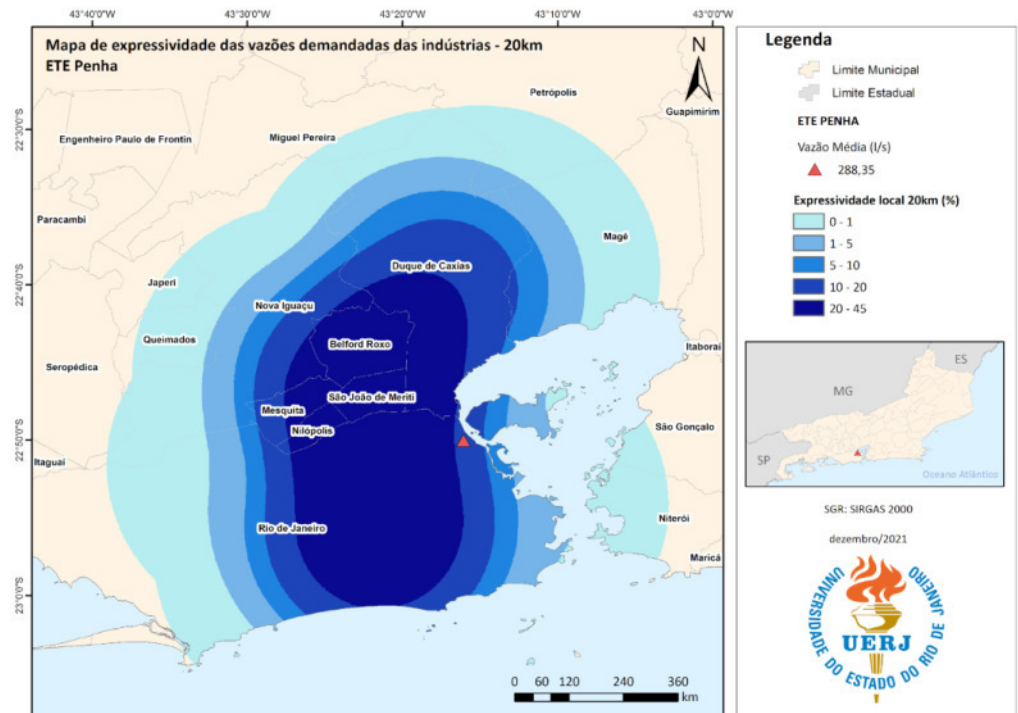
Fonte: Oliveira et al. (2022).

Figura 4: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 10 Km da ETE Penha



Fonte: Oliveira et al. (2022).

Figura 5: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 20 Km da ETE Penha



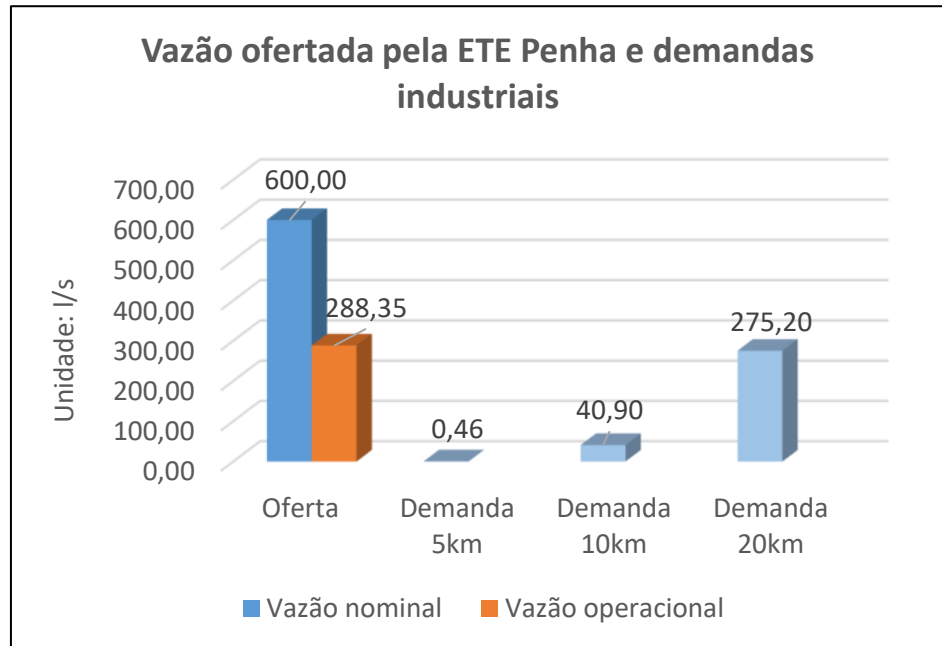
Fonte: Oliveira et al. (2022).

A partir da análise da Figura 3, é possível notar que para o menor raio de abrangência, de 5 km, a mancha de expressividade das indústrias (em termos de vazão) restringe-se apenas ao município do Rio de Janeiro. Para o raio de 10 km (Figura 4), a mancha de expressividade engloba também os municípios de São João de Meriti e Nilópolis.

Por fim, para o raio de 20km (Figura 5), a área considerada foi ainda mais abrangente e compreendeu diversos municípios da Região Metropolitana Fluminense, sendo os que estiveram em áreas de maior expressividade industrial foram: Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Rio de Janeiro, São João de Meriti.

Os percentuais das classes de expressividade das indústrias (relacionadas à vazão demanda) diminuíram com o aumento do raio de abrangência no entorno da ETE, demonstrando uma demanda mais bem distribuída entre as indústrias analisadas na área de interesse. Por exemplo, para o raio de 5km, a última classe de expressividade varia de 50 a 100%, enquanto que, para o raio de 20km, a última classe varia de 20 a 45%. Com isso, nota-se que o aumento do raio da ETE representa uma diminuição na expressividade isolada de um potencial consumidor de água de reúso, pois aumenta a quantidade de indústrias no somatório das vazões demandadas. De forma complementar aos resultados de expressividades das indústrias existentes no entorno da ETE Penha, também foi elaborado o gráfico presente na Figura 6, que apresenta o potencial de oferta de água de reúso pela ETE Penha (vazão nominal e operacional) bem como as demandas potenciais das indústrias, considerando os raios de 5, 10 e 20 km (Oliveira et al., 2022)

Figura 6: Gráfico do potencial de oferta e demanda de água de reúso no entorno da ETE Penha, considerando os raios de 5, 10 e 20 km



Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se que o aumento dos raios de abrangência se reflete no aumento da demanda industrial outorgada, ou seja, aumento do número de indústrias e, conseqüentemente, do mercado potencial para consumo da água de reúso. Além disso, para todos os cenários apresentados na Figura 6, a ETE Penha seria capaz de atender totalmente às demandas industriais. Cabe destacar que tais resultados se baseiam tão somente em estimativas de oferta e demanda atuais, para fins de comparação e análise da disponibilidade hídrica e potencialidade do emprego de água de reúso, de acordo com os objetivos e a metodologia estabelecidos pela pesquisa.

DISCUSSÃO

Devido a quantidade de informações existentes e a necessidade de atualização de dados, sejam dados de projeto ou analíticos, os setores relacionados ao saneamento básico possuem uma grande aplicabilidade em banco de dados SIG (De Chiara, 2011).

Em função da escassez hídrica a água de reúso vem sendo abordada como um instrumento de gestão de recursos hídricos. A extensa necessidade de informações envolvendo o tema demonstra a potencialidade de um SIG desenvolvido para atender as demandas geradas. Para Fukasawa & Mierzwa (2020) a utilização de SIG em conjuntos de dados de limites diferentes, permitem a sobreposição de informações como, por exemplo, a análise de água de reúso considerando um conjunto de sub-bacias hidrográficas abrangidas por uma grande bacia hidrográfica.

A necessidade de análises quantitativas, qualitativas e de distanciamento permeiam o tema água de reúso. A utilização de *softwares* SIG vem sendo comumente adotado, principalmente para análises espaciais, considerando

aspectos relacionados entre o fornecedor e o consumidor dessa água de reúso. O trabalho desenvolvido pela CNI (2017) realizou a inserção de dados de outorgas de captação na Região Metropolitana de São Paulo, para identificação de áreas mais representativas de potenciais consumidores de água de reúso.

O projeto SIGAS-UERJ trata, inicialmente considerando o reúso de água, aspectos não apenas relativos a dados geográficos de interesse, que envolvam, como atualmente encontra-se, análises voltadas para localizações. Porém, apresenta uma abordagem integrativa de resultados que envolvam todos os aspectos relacionados, buscando de maneira ampla conceitos de qualidade da água, quantidade de água ofertada e requerida e o distanciamento envolvendo as partes de interesse.

A exemplificação trazida neste trabalho a respeito da potencialidade do projeto desenvolvido demonstra os resultados iniciais, que realizam uma análise quantitativa de demanda de água de reúso por diferentes indústrias e trata também da relação espacial entre um fornecedor e um possível consumidor desse mecanismo de gestão de recursos hídricos.

A análise realizada para a ETE Penha pode ser desenvolvida para outras ETEs e demonstra a potencialidade que existe dentro da RMRJ para fornecimento de água de reúso, representando assim benefícios econômicos, ambientais e redução da pressão sobre os corpos hídricos, sobretudo em situação de escassez hídrica.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um Sistema de informações Geográficas com ênfase em aplicações nas áreas de saneamento e meio ambiente pode proporcionar a integração e georreferenciamento das informações de interesse. O Projeto SIGAS-UERJ já deu início a geração de produtos para subsidiar o desenvolvimento e execução de atividades estratégicas como análise, planejamento, elaboração e implantação de projetos e monitoramento de interesse da engenharia ambiental, saneamento, planejamento urbano e de recursos hídricos.

Baseado na atual problemática da escassez de água e a crescente busca pela segurança hídrica e considerando ainda as prioridades e demandas institucionais do governo estadual, o projeto piloto SIG Água de Reúso está sendo desenvolvido, como ponto de partida do SIGAS com o objetivo de avaliar o potencial e indicar oportunidades de reúso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Portanto, nessa sua fase inicial, o Projeto SIGAS-UERJ vem sendo estruturado como uma ferramenta capaz de auxiliar e nortear a atuação de técnicos e gestores de recursos hídricos, uma vez que será facilitada a realização de uma gama de análises sistêmicas a partir da integração desses distintos dados, provenientes de fontes também distintas, proporcionando por exemplo a definição de áreas prioritárias em políticas públicas de desenvolvimento econômico, uso e ocupação do solo, saneamento e recursos hídricos. Essa ferramenta já foi empregada na publicação recente de um livro (Oliveira et al., 2022), fruto de uma parceria entre pesquisadores e acadêmicos da UERJ e técnicos do INEA e da SEAS.

Além de apresentar o escopo geral e o estágio de desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ, o presente trabalho representa uma contribuição metodológica, com

a caracterização das etapas de implementação do projeto, que pode ser adotada por outras instituições interessadas em desenvolver estudos similares.

Por fim, a arquitetura projetada para o SIG Água de Reúso permitirá o aprimoramento do projeto para novas aplicações, tais como avaliação do potencial de aproveitamento de águas de chuva e lodos de esgoto.

Development of a geographic information system for environmental and sanitation applications: SIGAS - UERJ

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have been widely used in environmental planning, as they allow the incorporation and analysis of scenarios with a great variety of information, in an integrated and optimized way. In this context, the SIGAS-UERJ Project aims to develop a GIS with an emphasis on applications in the area of environment and sanitation, serving as a support and strategic tool for the performance of managers and technicians from public and private institutions. The initial version of the project is being developed primarily in order to present the potential supply and demand of reused water for non-potable industrial purposes, in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, considering the Sewage Treatment Stations (STPs) as potential generators and the industrial sectors as potential consumers. This article presents the objectives, the methodological steps (implementation phases) of the SIGAS-UERJ project and the preliminary results of the modeling generated from the GIS of Reuse water.

KEYWORDS: Reuse water. Sewage Treatment Plants. Geographic Information System. Metropolitan Region of Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos demais integrantes da equipe técnica do projeto SIGAS/UERJ - Christine Dutra, Gabriel Mendes de Paula, Irving Badolato, João Bosco de Azevedo, Kelly de Oliveira, Laís Almeida da Costa Pessanha, Leonardo Vieira Barbalho, Nyelsen Fernandes de Oliveira e Sonia Maria Lima Silva - pela contribuição que vem sendo prestada para o desenvolvimento do projeto, gerando conhecimento que foi aplicado na elaboração desta publicação.

REFERÊNCIAS

CASTILHO, C.P.; OLIVEIRA, L.H. Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 409-421, 2018. <http://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100229>.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial. CNI, Brasília, 2017.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 8 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 896p., 2004.

DE CHIARA, C. T. GIS e modelagem - gerenciando o sistema de coleta e transporte de esgoto. In: TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. (org.). **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: ABES, p. 548, 2011.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS (ET-EDGV 3.0), 2017.

FARIA A. A. OBRACZKA M. SILVA JR L. C. S. DA, OHNUMA A.A. JR DE OLIVEIRA K. e MURICY B. C. Avaliação Quantitativa do Potencial de Reúso Industrial a Partir dos Efluentes de Quatro Estações de Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil **Revista S&G** Volume 16, Número 2, pp. 196-213, 2021. [DOI: 10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1727](https://doi.org/10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1727)

FARIA A. A., OBRACZKA M., SILVA JR L. C. S. DA, MURICY B. C., DE OLIVEIRA K., e MONTEIRO, A. C Avaliação do Potencial de Reúso Industrial de Água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 02, p. 276 - 295, e-ISSN 2316-7041, mai-ago 2021. [DOI: 10.12957/ric.2021.55692](https://doi.org/10.12957/ric.2021.55692).

FUKASAWA, Bruno Nogueira; MIERZWA, José Carlos . **Identification of water reuse potential in Metropolitan Regions using the Analytic Hierarchy Process. Environmental and Sustainability Indicators**, v.8., 2020 <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100064>

HARVEY, F.A. *Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts*, Nova Iorque: The Guilford Press, 360 p., 2015.

JONES, E., VAN VLIET, M. T. H., QADIR, M., and BIERKENS, M. F. P. . Country-level and gridded wastewater production, collection, treatment and re-use, **PANGAEA**, 2020. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.918731>

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LEVERENZ, H.L.;TCHOBANOGLIOUS, G.; ASANO, T. Direct Potable Reuse: A Future Imperative. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 1, n. 1, p. 2-10. 2011. <https://doi.org/10.2166/wrd.2011.000>

LONGLEY, P.A. , GOODCHILD M. F., MAGUIRE D. J.,RHIND D. W. *Geographic Information Science & Systems* . Hoboken: Wiley, 496 p., 2015.

MOREIRA,M.L.O.; COSTA, H.F.; MEDEIROS, L.C. . Integração de dados multifontes para mapeamentos temáticos. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.1, n.1, p. 28-36, 2007.

MOURA, P.G.,ARANHA F.N., HANDAM N. B. ,MARTIN L. E. , SALLES M. J. ,CARVAJAL E. ,JARDIM R. , SOTERO-MARTINSET A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Eng Sanit Ambient** v.25 n.6 págs 791-808, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>

OLIVEIRA, M. C. S. ; SOUZA, N. F. ; RIBEIRO, G. S. B. S. ; ROMANO, L. S. E. ; NUNES, D. M. ; LANA, L. C. ; SANTOS, A. S. P. ; OBRACZKA, M. ; BADOLATO, I. S. ; ANTOUN NETTO, S. O. ; SILVA, S. M. L. ; OLIVEIRA, V. B. Panorama Geral das oportunidades de reúso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos. 1. ed. Rio de Janeiro: INEA, v. 1. 102p, 2022.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D.A.; COUTINHO, S.M.V.; SANTOS, D.V.; MARENGO, J.A. **Oportunidades de adaptação para a segurança hídrica no Brasil** v.11 n.3 págs 106-121, 2020. [doi:10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858](https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858)

RIO DE JANEIRO. Decreto no 47.403, de 15 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a política de reúso de água para fins não potáveis no âmbito do Estado do Rio De Janeiro. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, n. 232, p. 01-02, 16 dez. 2020, pt. 1.

SANZ, L.A.; GAWLIK, B.M. **Water Reuse in Europe**. Europa: European Commission, 2014.

SANTOS A. S. P., VIEIRA J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 8, n. 1, p. 50-68 –ISSN: 2317-563X50, 2020.

SCARPA, F.; MEGERSA, D.D.; KARIMI, S.; MELES, D.B. Reuse of Water: Methods to diminish non-biodegradable organic compounds. **WWT Project Wort**, KTH, 2011.

SILVA, R. E.S. da . **Projeto de Banco de Dados Relacional**. Universidade Aberta do Brasil -Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2011.

SILVA Jr, L.C e OBRACZKA, M. 2020 Reúso de Efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto no Beneficiamento de Concreto. **Revista Mix Sustentável**. Florianópolis v.6 n.4 p.85-92 ago. 2020.

TEIXEIRA, A.A.; SILVA, A.M.; PIRES, A.C.B.; MORAES, R.A.;SOUZA FILHO, C.R. **Aplicação de técnicas de processamento digital de imagem em dados multifontes e sua relevância para integração de dados e seleção de áreas potenciais para exploração mineral**. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1915-1922.,2005.

TIAN, B. **GIS technology applications in environmental and Earth Sciences**. Flórida: CRC Press, 258 p., 2017.

UN-WATER, . **Water Security and the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief**. UN University, Hamilton, ON., 2013 Disponível em < <https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/> >. Acesso em 10 de outubro de 2021.

Recebido: 03 dez. 2021

Aprovado: 03 jan. 2023

DOI: 10.3895/rbgeo.v10n4.15002

Como citar: LANA, L. C.; NUNES, D. M.; OHNUMA JUNIOR, A. A.; ANTOUN NETTO, S. O.; OBRACZKA, M.. Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS - UERJ. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 260-278, out./dez. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Sérgio Orlando Antoun Netto

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 4031B, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ – Cep 20550-900, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

