



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE
CONSUMO HUMANO EM BELÉM/PA: USO DE
DASHBOARDS VISANDO APRIMORAR A GESTÃO
MUNICIPAL**

**DISCENTE: LOURIVAL MAURICIO NASCIMENTO JÚNIOR
ORIENTADOR PROF. DR. ANDRÉ LUIZ DA S. SALGADO COELHO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**



BELÉM (2024)



LOURIVAL MAURÍCIO NASCIMENTO JÚNIOR

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO
HUMANO EM BELÉM/PA: USO DE *DASHBOARDS* VISANDO
APRIMORAR A GESTÃO MUNICIPAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA, do Instituto de Tecnologia do Pará - ITEC, da Universidade Federal do Pará - UFPA, como requisito à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz da S. Salgado Coelho

BELÉM
2024



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Nascimento Júnior, Lourival Mauricio.

Monitoramento da qualidade da água de consumo humano em Belém/Pa: uso de dashboards visando aprimorar a gestão municipal / Lourival Mauricio Nascimento Júnior. — 2024.
xii, 86 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. André Luiz da Silva Salgado Coelho
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 2024.

1. Qualidade da água. 2. Potabilidade. 3. Abastecimento de
Água. 4. Saúde Ambiental. 5. SISAGUA. I. Título.

CDD 620.8



LOURIVAL MAURÍCIO NASCIMENTO JÚNIOR

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO
HUMANO EM BELÉM/PA: USO DE *DASHBOARDS* VISANDO
APRIMORAR A GESTÃO MUNICIPAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA, do Instituto de Tecnologia do Pará - ITEC, da Universidade Federal do Pará - UFPA, como requisito à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz da S. Salgado Coelho.

Data de aprovação:

Data de defesa: 27/06/2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Luiz da S. Salgado Coelho
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Orientador

Prof. Dr. Neyson Martins Mendonça
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Examinador

Prof. MSc. Ilka Suely Dias Serra
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará (IFPA)
Examinadora

Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner
Universidade Federal do Pará
Examinador

Dedico este trabalho à minha mãe, Estacy, a quem devo tudo.

Meu amor eterno!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por ser tão generoso comigo e me proporcionar a realização de mais um sonho.

A minha família, que sempre será a força que impulsiona minhas lutas diárias.

A minha mãe Estacy por toda sua dedicação, incentivo e amor. Essa conquista também é sua!

À Sídia Redig pela dedicação e companheirismo que tem demonstrado em todos esses anos ao meu lado

A amiga Mônica pela amizade e ajuda na construção deste trabalho.

Ao Deputado Iran Lima pela contribuição para esta conquista.

A segunda turma de mestrado profissional de Engenharia Sanitária e Ambiental, em especial, aos amigos Ozias, João e Edgleuberson, companheiros desta jornada.

Aos amigos da Secretaria de Saúde de Belém, em especial, aos amigos Cléber Quadros e Cláudia Letícia.

À Secretaria de Saúde de Belém por viabilizar a coleta de dados para este trabalho.

Aos servidores do Departamento de Vigilância Sanitária de Belém que compartilham da ideia de que a qualidade da água é fundamental na qualidade de vida dos cidadãos.

Aos docentes do PPGESA, especialmente, aos professores: Dr. André Luiz da Silva Salgado Coelho e Dr. Neyson Mendonça.

A meu orientador pela paciência, força e por acreditar que era possível.

Ao professor Dr. Hélio da Silva Almeida (in memoriam), grande amigo e professor exemplar.

Ao professor Dr. Elias Lira dos Santos Júnior, amigo há mais de 3 décadas, com quem sempre aprendo um pouco mais.

A banca examinadora pelo convite aceito.

A todos que contribuíram para a realização deste sonho, agradeço o apoio, compreensão e carinho.

Muito obrigado!

“Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos”

“6º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)”

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo realizar o monitoramento da água de consumo humano do Município de Belém/PA por meio de *dashboards*, que são painéis visuais onde informações relevantes são condensadas e apresentadas de modo a facilitar a análise dos dados. A ideia do trabalho é desenvolver ferramenta estratégica de acompanhamento da qualidade da água de consumo humano para o Município de Belém/PA que seja dinâmica e interativa, considerando os dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA). A metodologia empregada, consistiu em 3 etapas distintas. Na etapa 1, foram extraídos do sistema SISAGUA dados de monitoramento, referentes às variáveis cloro livre residual, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*, cadastradas entre os anos 2018 e 2023. Na etapa 2, com os dados extraídos no formato de planilhas Excel, determinou-se o índice físico-químico (IFQ) para turbidez e cloro residual livre, com o objetivo de avaliar se a água atende aos valores máximos permitidos. Para as variáveis Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, cujos resultados laboratoriais são presença ou ausência, calculou-se o índice bacteriológico (IB) para avaliar se a água atende ao padrão bacteriológico de potabilidade. Na etapa 3, foram elaborados dashboards para auxiliar no monitoramento da água de consumo humano, utilizando o programa Microsoft Excel, através do qual é possível observar e efetuar comparações com os critérios de potabilidade vigentes. Para o sistema de abastecimento de água (SAA), foram extraídas 3.518 amostras, e para as soluções alternativas coletivas (SAC), foram extraídas 785 amostras. A denominação dessas formas de abastecimento como SAA ou SAC é atribuição da Vigilância Ambiental ao inserir os dados no SISAGUA, conforme os critérios estabelecidos na portaria de potabilidade. Os resultados na saída da estação mostraram que o IFQ para o cloro residual livre variou de 34,02% a 66,67%, enquanto na rede de distribuição variou de 18,40% a 35,60%, ambos abaixo do IFQ ideal de 100%. Os resultados na saída da estação mostraram que o IFQ para a turbidez variou de 82,86% a 100%, enquanto na rede de distribuição variou de 92,96% a 95,06%. Os resultados na saída da estação mostraram que o IB para *Escherichia coli* variou de 86,05% a 96,67%, enquanto na rede de distribuição variou de 86,10% a 90,54%, valores abaixo do IB ideal de 100%. Verificou-se inconformidades preocupantes em relação ao cloro livre residual e a *Escherichia coli*, uma vez que esses são indicadores importantes da qualidade sanitária da água. Isto demonstra a vantagem do uso de *dashboard* em comparação com relatórios tradicionais. A utilização desta ferramenta pela Vigilância Sanitária e Ambiental do Município de Belém/PA pode contribuir positivamente como instrumento de suporte à gestão municipal, facilitando a tomada de decisão e o monitoramento da água de consumo humano.

Palavras-chave: Qualidade da água, Potabilidade, Abastecimento de Água, Saúde Ambiental, SISAGUA.

ABSTRACT

The present study aims to monitor water for human consumption in the Municipality of Belém/PA through dashboards, which are visual panels where relevant information is condensed and presented to facilitate data analysis. The idea of the work is to develop a strategic tool for monitoring the quality of water for human consumption for the Municipality of Belém/PA that is dynamic and interactive, considering data from the Water Quality Surveillance Information System (SISAGUA). The methodology used consisted of 3 distinct stages. In stage 1, monitoring data were extracted from the SISAGUA system, referring to the variables residual free chlorine, turbidity, total coliforms and Escherichia Coli, registered between the years 2018 and 2023. In stage 2, with the data extracted in Excel spreadsheet format, The physical-chemical index (IFQ) for turbidity and free residual chlorine was determined, with the aim of evaluating whether the water meets the maximum permitted values. For the variables Total Coliforms and Escherichia Coli, whose laboratory results are presence or absence, the bacteriological index (BI) was calculated to assess whether the water meets the bacteriological standard for potability. In stage 3, dashboards were created to assist in monitoring water for human consumption, using the Microsoft Excel program, through which it is possible to observe and make comparisons with current potability criteria. For the water supply system (SAA), 3,518 samples were extracted, and for collective alternative solutions (SAC), 785 samples were extracted. The designation of these forms of supply as SAA or SAC is the responsibility of Environmental Surveillance when entering the data into SISAGUA, according to the criteria established in the potability ordinance. The results at the station outlet showed that the IFQ for free residual chlorine ranged from 34.02% to 66.67%, while in the distribution network it ranged from 18.40% to 35.60%, both below the ideal IFQ of 100%. The results at the station outlet showed that the IFQ for turbidity ranged from 82.86% to 100%, while in the distribution network it ranged from 92.96% to 95.06%. The results at the station exit showed that the BI for Escherichia coli ranged from 86.05% to 96.67%, while in the distribution network it ranged from 86.10% to 90.54%, values below the ideal BI of 100%. There were worrying non-conformities in relation to residual free chlorine and Escherichia coli, as these are important indicators of the sanitary quality of the water. This demonstrates the advantage of using a dashboard compared to traditional reports. The use of this tool by the Health and Environmental Surveillance of the Municipality of Belém/PA can positively contribute as an instrument to support municipal management, facilitating decision-making and monitoring water for human consumption.

Keywords: Water Quality, Potability, Water Supply, Environmental Health, Sisagua.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Esquema hidráulico de um sistema de abastecimento de água (SAA)
- Figura 02 – Sistema de abastecimento de água (SAA)
- Figura 03 – Esquema hidráulico de uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAA)
- Figura 04 – Solução alternativa coletiva (SAC)
- Figura 05 – Solução alternativa individual (SAI)
- Figura 06 – Exemplo de *dashboard*
- Figura 07 – Etapas metodológicas
- Figura 08 – Mapa de localização da área de estudo
- Figura 09 – Fluxo de entrada de dados no SISAGUA
- Figura 10 – Tela de acesso ao sistema SISAGUA
- Figura 11 – Tela de opção de relatórios do SISAGUA
- Figura 12 – Tela de relatórios de amostras analisadas cadastradas no SISAGUA
- Figura 13 – Esboço da tela do *dashboard*
- Figura 14 – Fluxo proposto da entrada de dados no SISAGUA
- Figura 15 – Tabela fonte de dados para o *dashboard*
- Figura 16 – Mapa de Belém mostrando o sistema integrado e os sistemas isolados
- Figura 17 – Painel descritivo
- Figura 18 – Painel temporal de cloro residual livre para o mês de julho de 2023
- Figura 19 – Painel de turbidez para o mês de novembro de 2023
- Figura 20 – Painel média de cloro residual livre
- Figura 21 – Painel média de turbidez
- Figura 22 – Painel de coliformes totais
- Figura 23 – Painel de *E. Coli*

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Número mínimo de amostras em função da faixa populacional

Tabela 02 – Número mínimo de amostras analisadas para fluoreto em função da faixa populacional

Tabela 03 – Plano de amostragem do município de Belém

Tabela 04 – Cloro residual livre e Turbidez na saída da estação de tratamento

Tabela 05 – Coliformes totais e *E. Coli* na saída da estação de tratamento

Tabela 06 – Cloro Residual Livre e Turbidez nos pontos intradomiciliares/intraprediais

Tabela 07 – Coliformes totais e *E. Coli* nos pontos intradomiciliares/intraprediais

Tabela 08 – Cloro Residual Livre e Turbidez na rede de distribuição

Tabela 09 – Coliformes totais e *E. Coli* na rede de distribuição

Tabela 10 – Cloro Residual Livre e Turbidez na saída da solução alternativa coletiva

Tabela 11 – Coliformes totais e *E. Coli* na saída da solução alternativa coletiva

Tabela 12 – Cloro Residual Livre e Turbidez nos pontos intradomiciliares/intraprediais

Tabela 13 – Coliformes totais e *E. Coli* nos pontos intradomiciliares/intraprediais

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Pontos de coletas em função do tipo de forma de abastecimento

Quadro 02 – Quantidade de amostras coletadas do SAA e efetivamente analisadas por tipo de local de coleta e tipo de variável

Quadro 03 – Quantidade de amostras coletadas da SAC e efetivamente analisadas por tipo de local de coleta e tipo de variável

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará

GAL – Gerenciador de Ambiente Laboratorial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LACEN – Laboratório Central de Saúde Pública do Estado do Pará

OMS – Organização Mundial da Saúde

PNAVQA – Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAC – Solução Alternativa Coletiva

SAI – Solução Alternativa Individual

SISAGUA – Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano

SUS – Sistema Único de Saúde

VIGIAGUA – Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	Vigilância da qualidade da água no Brasil.....	16
3.2	SISAGUA.....	16
3.2.1	Formas de abastecimento de água.....	17
3.2.2	Sistema de Abastecimento de Água (SAA).....	17
3.2.3	Solução Alternativa Coletiva de Água (SAC).....	19
3.2.4	Solução Alternativa Individual de Água (SAI).....	20
3.3	Plano de amostragem de Belém.....	21
3.4	Qualidade das águas de abastecimento.....	23
3.4.1	Parâmetros químicos, físicos e biológicos.....	24
3.4.1.1	Cloro residual livre (CRL).....	24
3.4.1.2	Turbidez.....	24
3.4.1.3	Coliformes totais.....	24
3.4.1.4	<i>Escherichia Coli</i>	24
3.5	<i>Dashboard</i>	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Característica da pesquisa.....	27
4.2	Definição da área de estudo.....	28
4.3	Entrada e saída de dados no SISAGUA (Situação atual).....	29
4.4	Coleta de dados e definição de variáveis envolvidas.....	31
4.5	Tratamento dos dados.....	33
4.5.1	Análise estatística descritiva dos dados.....	34
4.5.2	Análise gráfica dos dados.....	35
4.6	Concepção do <i>dashboard</i>	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Atualização e inserção de dados no <i>dashboard</i>	37
5.2	Relatório de saída do SISAGUA.....	38
5.3	Análise dos dados gerados.....	39
5.3.1	Sistema de abastecimento de água (SAA).....	40

5.3.2 Solução alternativa coletiva (SAC).....	53
5.4 Painéis gerados	60
5.4.1 Painel descritivo	61
5.4.2 Painel temporal de cloro residual livre	63
5.4.3 Painel temporal de turbidez	65
5.4.4 Painel anual da média de cloro residual livre	67
5.4.5 Painel anual de média de turbidez	69
5.4.6 Painel de coliformes totais.....	71
5.4.7 Painel de <i>E. Coli</i>	73
6 CONCLUSÃO	76
7 SUGESTÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXO A – TABELAS CONTENDO PADRÕES DE POTABILIDADE DE ACORDO COM O ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017.	81

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água para consumo humano e a saúde das pessoas são dois fatores inseparáveis, só se pode ter um entendimento mais amplo acerca da qualidade da água através de um monitoramento rigoroso da água dos sistemas de abastecimento, de modo a garantir que ela não se torne veículo de doenças prejudiciais à saúde da população.

As normas de potabilidades editadas no Brasil são, em geral, baseadas nos padrões recomendados pela OMS. O Ministério da Saúde do Brasil é o setor governamental responsável pela edição dessas normas, bem como pela definição dos padrões de potabilidade e pela fiscalização da aplicação dessas normas. Esta atribuição foi conferida pelo Decreto Federal nº 79.369, de 09 de março de 1977.

Neste sentido, a portaria nº 56/77 do Ministério da Saúde foi o primeiro instrumento legal a estabelecer padrões de potabilidade em âmbito nacional (Fortes *et al.*, 2020). A partir de então, cada nova norma editada tende a apresentar um acréscimo no número de parâmetros a serem monitorados e uma diminuição da concentração de substâncias presentes na água que podem ser potencialmente danosas à saúde (Valentim *et al.*, 2019).

Neste passo a passo progressivo do avanço da legislação, a edição da portaria 1.469/2000 implantou efetivamente o programa VIGIAGUA em todo o território nacional, que tem como objetivo desenvolver ações de vigilância em saúde ambiental associadas à qualidade da água para consumo humano que garantam à população a obtenção de água em quantidade adequada e qualidade compatível como padrão estabelecido na legislação vigente (Oliveira *et al.*, 2019).

Para auxiliar na execução das ações de vigilância relativas à qualidade da água para consumo humano, o governo federal disponibilizou a partir de 2001 o SISAGUA, que é um sistema informatizado usado pela vigilância da qualidade da água para consumo humano, disponível pela internet, utilizado no Brasil para registro das formas de abastecimento e dos dados de monitoramento da qualidade da água estabelecidos na norma de potabilidade, constituindo-se em um importante instrumento de gestão de riscos à saúde associados a qualidade da água consumida pela população (Oliveira *et al.*, 2019; Roncalli *et al.*, 2019; Santos; Medeiro; Mancuso, 2020).

Os dados cadastrados no SISAGUA geram informações utilizadas pelos gestores de vigilância da qualidade da água na análise de situação de saúde relacionada ao abastecimento

de água para consumo humano, com vista a reduzir os riscos associados ao consumo de água que esteja em desacordo com o padrão de potabilidade vigente (Oliveira *et al.*, 2019).

A principal saída de dados do SISAGUA é através de relatórios que sevem de suporte para a avaliação dos gestores municipais. No entanto, estes relatórios frequentemente não alcançam um nível de detalhamento que facilitem a tomada de decisão de forma precisa.

Neste contexto, o presente trabalho analisou os dados da água de consumo por meio de *dashboard*, ferramenta que contribui de forma significativa na análise geral dos dados, permitindo observar pontos positivos e negativos, auxiliando na tomada de decisão, a fim de realizar os ajustes necessários para a melhoria dos processos monitorados.

Os *dashboards* gerados podem ser utilizados pela Vigilância Sanitária e Ambiental do Município de Belém/PA como instrumento de suporte à gestão municipal no momento de tomada de decisões relativas ao monitoramento da água de consumo, uma vez que esta ferramenta tem a capacidade de apresentar informações de forma condensada, rápida e intuitiva, podendo ser útil na identificação de inconformidades nos parâmetros da qualidade da água, fazendo com que os responsáveis pelo monitoramento intervenham imediatamente, no sentido de evitar a propagação de doenças veiculadas pela água e assim proteger a saúde da população atendida.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver ferramenta estratégica de acompanhamento da qualidade da água de consumo humano para o Município de Belém/PA que seja dinâmica e interativa, considerando os dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA).

2.2 Objetivos específicos

- Extrair dados do sistema SISAGUA referentes às coletas de monitoramento cadastradas no sistema pelo setor saúde;
- Analisar de forma exploratória os dados coletados referentes a cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*;
- Confeccionar painéis interativos e dinâmicos, chamados de *dashboard*, fazendo comparação com os critérios de potabilidade vigentes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Vigilância da qualidade da água no Brasil

O controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano são essenciais para a proteção da saúde dos consumidores. O controle da qualidade da água é executado pelos responsáveis pelos sistemas de abastecimento público (SAA) e soluções alternativas coletivas (SAC), enquanto a vigilância é exercida pelos órgãos de saúde pública.

No Brasil, a portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, em seu Anexo XX, atribui a autoridade de saúde pública a competência para realizar a vigilância da qualidade da água por meio de um conjunto de ações aplicadas de forma contínua, a fim de verificar o atendimento do padrão de potabilidade vigente e avaliar se a água consumida pela população oferece risco à saúde (Brasil, 2017).

A execução das ações de rotina da vigilância da qualidade da água deve ser precedida de um plano de amostragem básico, contendo os pontos de coleta, parâmetros básicos analisados, número de amostras e frequência de monitoramento. Os parâmetros básicos utilizados são: turbidez, cloro residual livre, coliformes totais/*Escherichia coli* e fluoreto (Brasil, 2016; Oliveira, 2019).

Os resultados laboratoriais das amostras coletadas a partir da execução do plano de amostragem são inseridos no Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA) e servem como base para a elaboração de relatórios que auxiliam as autoridades de saúde na tomada de decisões quando ocorrem inconformidades nos padrões de potabilidade.

Vale ressaltar que a Secretaria de Saúde do Distrito Federal, dos estados e dos municípios possuem autonomia e poder para ampliar o número mínimo de análises do plano de amostragem, bem como autoridade para incorporar outras substâncias e patógenos específicos, presentes ou não no padrão de potabilidade, cuja ocorrência na região seja por causas naturais ou antropogênicas, possa representar significativo interesse para à saúde da população local (Brasil, 2016).

3.2 SISAGUA

No SISAGUA são cadastradas as três formas de abastecimento (SAA, SAC e SAI), bem como os dados do monitoramento da qualidade da água fornecida à população em geral (Oliveira *et al.*, 2019; Araújo *et al.*, 2022).

Este monitoramento é realizado dentro do contexto da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Segundo a diretriz, essa coleta é responsabilidade das Secretarias Municipais de Saúde, que devem seguir as orientações estabelecidas pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde.

A coleta de amostras objetiva monitorar cloro residual livre, turbidez, coliformes totais/*Escherichia coli*, e fluoreto. O número mínimo de análises que compõe o plano de amostragem é determinado com base na população de cada município.

As amostras coletadas pelas Secretarias Municipais de Saúde devem ser enviadas para análise laboratorial, cujos resultados devem ser cadastrados no sistema SISAGUA (Brasil, 2016).

A partir dos dados introduzidos no SISAGUA são geradas informações utilizadas pelos gestores da vigilância da qualidade da água na análise da saúde da população relacionada com a qualidade da água fornecida pelos sistemas de abastecimento disponíveis, objetivando reduzir os riscos associados à ingestão de água que não atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação vigente (Oliveira *et al.*, 2019).

3.2.1 Formas de abastecimento de água

A legislação brasileira que trata dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade admite a existência de três formas de abastecimento de água para consumo humano, que são: sistema de abastecimento de água, solução alternativa coletiva e solução alternativa individual.

Os sistemas do tipo coletivo são comumente usados nas ocupações territoriais mais aglomeradas e consolidadas, enquanto nas ocupações territoriais mais dispersas utiliza-se as soluções alternativas (Brasil, 2017; Brasil, 2019).

O sistema SISAGUA utiliza as mesmas nomenclaturas para as formas de abastecimento adotadas na portaria de consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, conforme se segue (Brasil, 2017).

3.2.2 Sistema de Abastecimento de Água (SAA)

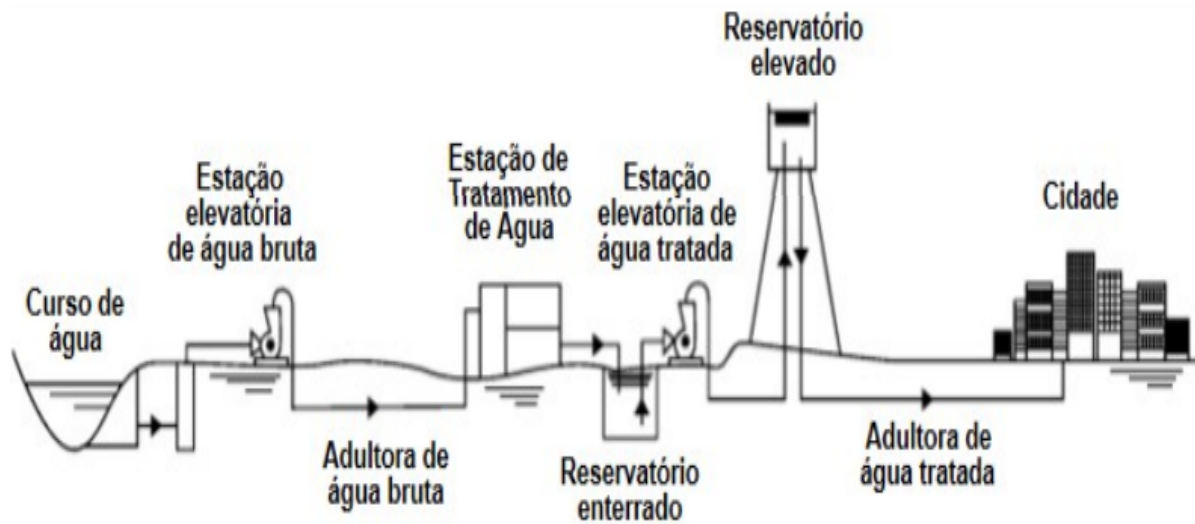
Sistema de abastecimento de água (SAA) pode ser definido como um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos desde a zona de captação até as ligações prediais, destinadas à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição, via de regra este tipo de abastecimento predomina nas aglomerações urbanas (Brasil, 2017; Pereira *et al.*, 2021).

Para Pereira e Tinôco (2021), corroborado por Oliveira *et al.* (2019), o principal objetivo de um sistema de abastecimento de água é garantir água potável em quantidade, qualidade e pressão suficiente para atender as necessidades da população, sem oferecer risco significativo à saúde das pessoas.

Valentin *et al.* (2019) acrescenta ainda, a garantia da qualidade da água para consumo humano representa uma forma de proteção à saúde da população.

A Figura 01 apresenta o esquema hidráulico completo de um sistema de abastecimento de água (SAA), desde a captação até o consumidor final.

Figura 01 – Esquema hidráulico de um sistema de abastecimento de água (SAA)



Fonte: Tsutiya (2006).

A Figura 02 mostra um exemplo de um sistema de abastecimento de água (SAA), neste caso, trata-se da ETA São Brás, localizada no bairro de São Brás.

Figura 02 – Sistema de tratamento de água São Brás.



Fonte: EGIS-AMPLA (2019).

A ETA São Brás recebe água bruta proveniente do Lago Bolonha e realiza as seguintes etapas de tratamento: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. O sistema de tratamento é do tipo convencional com capacidade de tratar uma vazão de até 1 m³/s.

3.2.3 Solução Alternativa Coletiva de Água (SAC)

É a modalidade de abastecimento coletivo destinado a fornecer água potável de fonte superficial ou subterrânea, com ou sem canalização e sem rede de distribuição (Brasil, 2017; Oliveira *et al.*, 2019).

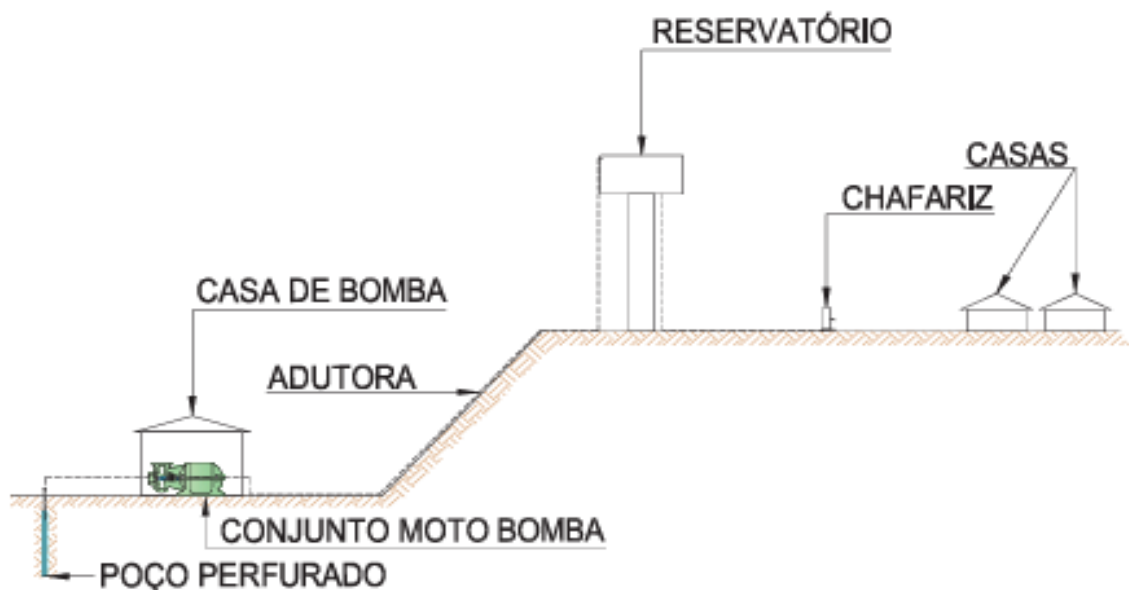
Segundo Mayer (2022), as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água são a única alternativa de fornecimento de água em áreas das periferias urbanas e rurais, no entanto a população abastecida por esta forma de abastecimento é considerada vulnerável, visto que frequentemente é abastecida por água sem qualquer tratamento.

As soluções alternativas coletivas (SAC) geralmente utilizam poços tubulares como fonte de captação de água e abastecem diversos tipos de estabelecimentos, tais como: escolas, condomínios, hospitais, indústrias e comércios.

Neste trabalho o SAC refere-se a poços ou outro tipo de fonte de captação de água para consumo humano que atenda mais de uma família.

A Figura 03 apresenta o esquema hidráulico de uma solução alternativa de abastecimento de água (SAC), que utiliza captação de água subterrânea para atender a um conjunto de casas.

Figura 03 – Esquema hidráulico de uma solução alternativa coletiva (SAC)



Fonte: Funasa (2019).

A Figura 04 apresenta um exemplo de uma solução alternativa coletiva (SAC), composta por um poço tubular, filtro e duas bombas dosadoras de cloro, utilizado na desinfecção da água.

Figura 04 – Solução alternativa coletiva (SAC)



Fonte: Autor (2024).

3.2.4 Solução Alternativa Individual de Água (SAI)

É a modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares, conforme Anexo XX da portaria de consolidação GM/MS nº 5 (Brasil, 2017).

Segundo Villar e Hirata (2018), esta forma de abastecimento surge como alternativa para a população que reside em áreas onde não há a presença do sistema de abastecimento público de água, ou o sistema público não garante água em quantidade e qualidade desejada, ou ainda quando se pretende diminuir custos com tarifas cobradas pelo poder público.

Neste trabalho o SAI refere-se a poços ou outro tipo de fonte de captação que atenda apenas uma família.

A Figura 05 apresenta um exemplo de uma solução alternativa individual (SAI), composta por um poço tubular e reservatório elevado, instalado ao lado da uma unidade residencial.

Figura 05 – Solução alternativa individual (SAI)



Fonte: Autor (2024).

3.3 Plano de amostragem de Belém

As diretrizes para a implementação da vigilância da qualidade da água para consumo humano nos entes federativos - estados, Distrito Federal e municípios - é atribuição da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS), em consonância com os objetivos do Sistema Único de Saúde (SUS) e com as prioridades, objetivos, metas e indicadores estabelecidos no VIGIÁGUA (Brasil, 2016).

As Secretarias de Saúde dos estados e do Distrito Federal podem, de forma complementar, elaborar diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano. No entanto, a execução das diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano compete as Secretarias Municipais de Saúde, conforme determinações estabelecidas nas esferas nacional e estadual (Brasil, 2016).

Nesse enquadramento, cada município deve implementar o seu plano de amostragem da qualidade para consumo humano, seguindo as orientações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (PNAVQA). Aos estados cabe a tarefa de orientar e aprovar os planos de amostragem concebidos pelos municípios (Brasil, 2016).

O plano de amostragem de rotina da vigilância da qualidade da água para consumo humano dos municípios deve ser concebido a luz do plano de amostragem básico, de acordo com as orientações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade

da Água para Consumo Humano e deve conter: os parâmetros analisados, número de amostras e frequência do monitoramento (Brasil, 2016; Oliveira *et al.*, 2019).

A faixa populacional em que o município se encontra é quem define o número mínimo de amostras mensais, sendo este um quantitativo único que deve contemplar o monitoramento das três formas de abastecimento (SAA, SAC e SAI) (Brasil, 2016).

Portanto, pode-se obter a partir da Tabela 01 o número mínimo de amostras a serem analisadas para os parâmetros cloro residual livre, turbidez, coliformes totais/*Escherichia Coli*, em função da faixa populacional do município.

Tabela 01 – Número mínimo de amostras em função da faixa populacional

PARÂMETROS	POPULAÇÃO (HAB.)					
	0 a 5.000	5.001 a 10.000	10.001 a 50.000	50.001 a 200.000	200.001 a 500.000	Superior a 500.001
Cloro Residual Livre			8 + (1 a cada 7,5 mil habitantes)	10 + (1 a cada 10 mil habitantes)	20 + (1 a cada 20 mil habitantes)	35 + (1 a cada 50 mil habitantes)
Turbidez	6	9				
Coliformes totais <i>Escherichia Coli</i>						

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Deve-se observar que, em se tratando das regiões administrativas do Distrito Federal, considera-se a mesma avaliação populacional aplicada aos municípios. E ainda que, caso não seja aplicado o agente desinfetante cloro, deve-se analisar o residual ativo para agente desinfetante utilizado.

O número mínimo de amostras para o parâmetro fluoreto também depende da faixa populacional em que o município se encontra, conforme Tabela 02.

Tabela 02 – Número mínimo de amostras analisadas para fluoreto em função da faixa populacional

PARÂMETROS	POPULAÇÃO (HAB.)					
	0 a 50.000	50.001 a 100.000	100.001 a 200.000	200.001 a 500.000	500.001 a 1.000.000	Superior a 1.000.001
Fluoreto	5	7	9	13	18	27

Fonte: Adaptado de Brasil (2016)

Assim como na Tabela 01, deve-se observar que, para as regiões administrativas do Distrito Federal, aplica-se o mesmo critério de avaliação populacional utilizado para os municípios para determinar o número mínimo de amostras.

Utilizando-se as Tabelas 01 e 02, obtém-se a o plano mínimo de amostragem para o município de Belém, conforme descrito na PNAVQA.

Nota-se na Tabela 03 que o plano mínimo de amostragem para município de Belém prevê um número mensal de 27 amostras para o parâmetro fluoreto, porém a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) não faz a fluoretação da água distribuída a população belenense.

Tabela 03 – Plano de amostragem do município de Belém

Município	População (IBGE)	Número mensal de análises de coliformes / E. Coli	Número mensal de análises de residual desinfetante	Número mensal de análises de turbidez	Número mensal de análises de fluoreto
Belém	1.303.403	65	65	65	27

Fonte: Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA)

3.4 Qualidade das águas de abastecimento

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida de todos os seres vivos do planeta, no entanto precisa estar disponível em quantidade e qualidade adequada para o consumo, caso contrário poderá tornar-se prejudicial à saúde pública.

Brasil (2006), explica que as características físicas, químicas e biológicas da água de um corpo hídrico estão associadas a uma série de interações que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem, sendo importante ressaltar que a água possui duas características peculiares que interferem diretamente na sua qualidade, a capacidade de dissolução e transporte.

A capacidade de dissolução confere a água o poder de dissolver várias substâncias, as quais que conferem a água características únicas. Enquanto, a capacidade de transporte faz com que as substâncias dissolvidas, juntamente com outras presentes na massa líquida possam ser transportadas, mudando continuamente de posição, atribuindo a qualidade da água uma característica fortemente dinâmica.

Para Rodrigues e Scalize (2019), a qualidade da água para consumo humano ofertada a população tem influência direta na saúde e qualidade de vida dos cidadãos, por esta razão o tratamento de água para consumo humano deve ser rigorosamente monitorado.

3.4.1 Parâmetros químicos, físicos e biológicos

A portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da saúde, em seu Anexo XX, estabelece valores máximos permitidos (VMP) para as características bacteriológicas, químicas, físicas e organolépticas para a água de consumo humano no território nacional (Brasil, 2017).

Para Rodrigues e Scalize (2019) os parâmetros físicos, químicos e biológicos constituem-se em importantes indicadores da segurança da qualidade da água consumida pela população.

3.4.1.1 Cloro residual livre (CRL)

A desinfecção da água para consumo humano é de suma importância e visa garantir a segurança microbiológica, evitando enfermidades causadas por organismos patogênicos presentes no meio líquido. Dentre os diversos desinfetantes disponíveis, o cloro é o mais utilizado por apresentar boa eficiência, baixo custo, além de manter uma parcela residual na massa líquida em toda a extensão da rede de distribuição, evitando futuras contaminações (Rodrigues; Scalize, 2019).

3.4.1.2 Turbidez

A turbidez no ambiente aquático é causada pela dispersão dos raios luminosos devido à presença de partículas em suspensão na massa líquida. Estas partículas em suspensão diminuem a iluminação no corpo hídrico, dificultando a passagem dos raios solares através da água, influenciando no processo de fotossíntese e prejudicando o desenvolvimento da vegetação aquáticas (Vieira, 2019; Lima *et al.*, 2019).

A turbidez elevada na água para consumo humano pode servir como uma espécie de escudo para os microrganismos patogênicos, dificultando a eficácia do agente desinfetante.

3.4.1.3 Coliformes totais

Coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação de origem fecal, porém sua presença na água de consumo pode alertar para deficiências no tratamento de água, assim como na higiene e na integridade do sistema de distribuição (Da Silva *et al.*, 2019).

3.4.1.4 *Escherichia Coli*

A bactéria *Escherichia Coli* é considerada o indicador mais preciso para determinar a contaminação de origem fecal em ambiente aquático, sendo vedada sua presença na água para consumo humano (Da Costa, 2020; Brasil, 2021). A presença da bactéria *Escherichia Coli* no meio líquido indica contaminação por esgoto doméstico, uma vez que este microrganismo

habita a flora intestinal do homem e de outros animais de grande porte, sendo, portanto, um indicador da presença de bactérias patogênicas na massa líquida (Alves, 2021).

3.5 Dashboard

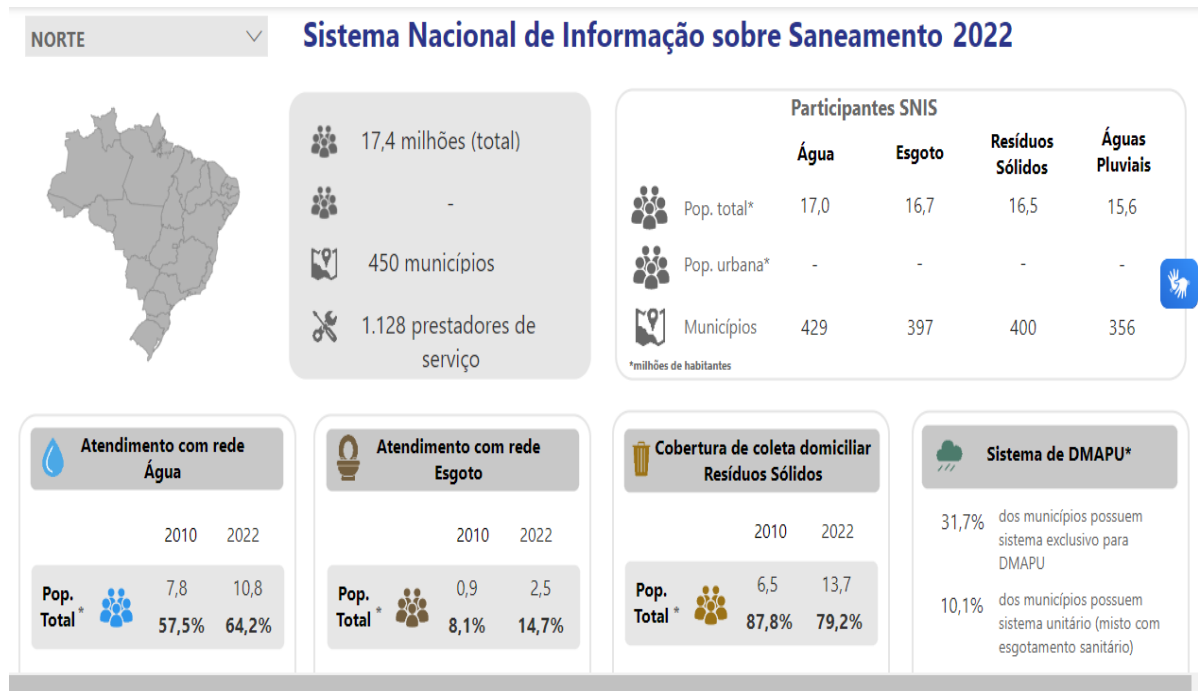
Atualmente, o mundo passa por uma intensa transformação digital, onde o aumento no número de dados nas organizações cresce de maneira acelerada. O tratamento e análise destes dados são fundamentais para o sucesso das organizações, sejam públicas ou privadas.

Conforme orienta Fernandes *et al.* (2020), o crescente aumento no número de dados a serem analisados sob a ótica de uma determinada situação, impõe a necessidade de se ter a mão uma ferramenta que auxilie o gestor na tomada de decisão de forma mais segura e assertiva.

Dashboard é uma ferramenta bastante útil para os gestores tomarem decisões com mais precisão, pois reúnem informações de variadas fontes e as apresentam de forma visual, permitindo que os gestores monitorem o desempenho de suas operações e identifiquem áreas de interesse de forma mais rápida, facilitando a identificação de padrões, tendências e potenciais problemas.

Dashboard também pode ser definido como um painel de informações visuais reunidas e consolidadas em uma única tela, contendo relatórios, gráficos e tabelas, gerados a partir de um banco de dados, que podem auxiliar gestores a compreenderem de forma rápida, intuitiva e precisa os dados que estão sendo monitorados (Fernandes *et al.*, 2020; Bombarda; Dos Santos; Oliveira, 2020; Taborda e Tessele, 2022).

Uma característica importante desta ferramenta de visualização é que os gráficos gerados podem interagir entre si, diferentes formatos podem ser visualizados ao mesmo tempo no mesmo *dashboard*, facilitando sobremaneira a tomada de decisão em relação aos dados apresentados (Santos, 2018), a Figura 06 mostra um exemplo de *dashboard* utilizado na área de saneamento.

Figura 06 – Exemplo de *dashboard*

Fonte: SNIS (2022).

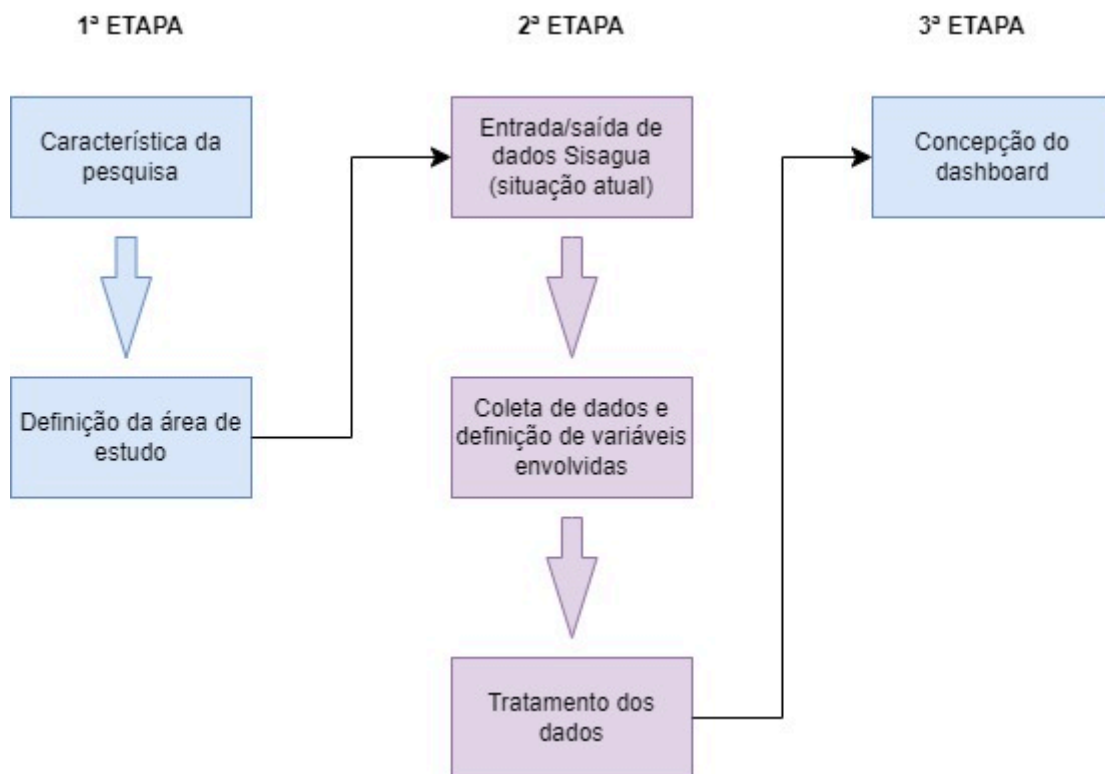
A Figura 06 apresenta diversas informações sobre saneamento dispostas em forma de relatórios, tabelas e mapa, todas condensadas em único local.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo descreve as etapas metodológicas empregadas no desenvolvimento deste estudo, desde o tipo de pesquisa utilizado até a concepção do produto final. Para melhor compreensão, o trabalho foi subdividido em 3 macro etapas, conforme a Figura 07.

A primeira etapa envolve o tipo de pesquisa e a definição da área de estudo; a segunda etapa descreve como os dados são inseridos no SISAGUA, como foram coletados, quais as variáveis utilizadas e como foram tratadas; a terceira etapa apresenta a concepção do *dashboard*.

Figura 07 – Etapas metodológicas



Fonte: Autor (2024).

4.1 Característica da pesquisa

O presente trabalho pode ser classificado como pesquisa de natureza descritiva, visto que, neste tipo de pesquisa os dados são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles (Andrade, 2010).

Ainda sob o ponto de vista da classificação, este trabalho pode ser considerado também como uma pesquisa aplicada, já que a pesquisa aplicada tem o objetivo mitigar problemas ou

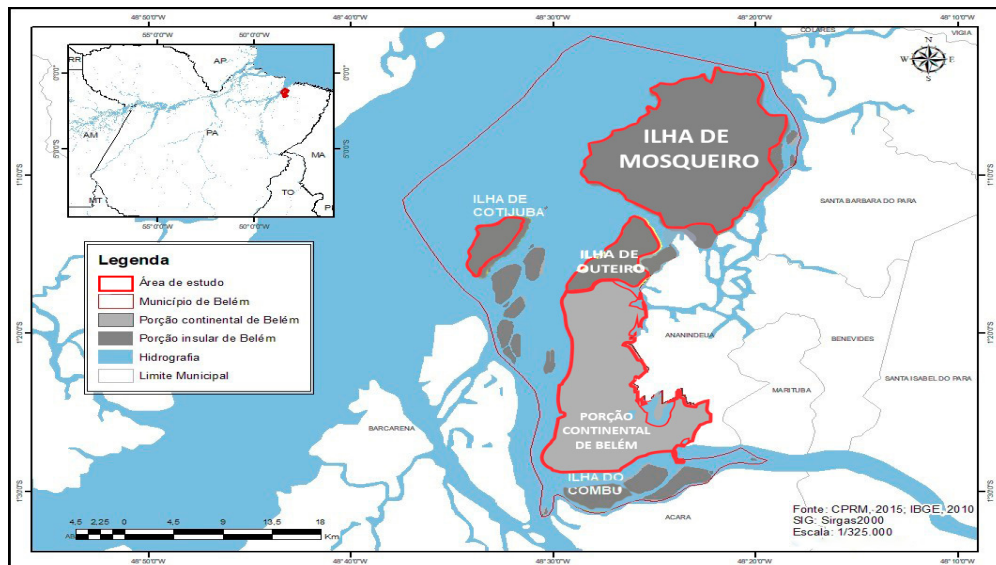
atender necessidades, objetivando apontar soluções práticas, direcionados à solução de problemas específicos. (Gerhardt; Silveira, 2009; Libório; Terra, 2015).

4.2 Definição da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Belém, município mais populoso do estado do Pará, que possui 1.303.403 habitantes, limita-se ao norte com a Baía de Santo Antônio, ao sul com o rio Guamá, a oeste com a Baía do Guajará e a Leste com o Município de Ananindeua. O município detém uma área territorial de 1.059,46 km² onde estão inseridas 39 ilhas que ocupam 65,64% do território e abrigam uma população significativa, principalmente nas três maiores ilhas: Mosqueiro, Outeiro e Cotijuba (IBGE, 2022).

A área de estudo é composta pela área continental de Belém e pelas ilhas de Outeiro Cotijuba e Mosqueiro, conforme Figura 08, locais onde atualmente ocorrem as coletas de monitoramento, uma vez que estas três ilhas possuem maior extensão territorial, número de habitantes, número de habitações e estão bem adaptadas as atividades econômicas e turísticas (Quaresma e Szlafsztain, 2020).

Figura 08 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Adaptado de Quaresma e Szlafsztain (2020).

Vale ressaltar que algumas dessas ilhas vêm apresentando um progressivo aumento da população humana local, bem como da população flutuante que frequenta essas ilhas em busca de momentos de lazer.

Dentro da área de estudo, a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) utiliza dois tipos de mananciais de captação de água de abastecimento para o município de Belém, água superficial e subterrânea. O rio Guamá é a fonte de captação da água superficial, que é bombeada para o lago Água Preta e conduzida através de canal de concreto até o lago Bolonha, sendo tratada em três estações de tratamento convencional, Bolonha, São Brás e 5º Setor, que conduzem água tratada para os reservatórios elevados dos setores de distribuição que fornecem água para a maior parte da zona central da cidade.

A água subterrânea é captada através de poços profundos abastecem as áreas mais distantes da zona central, além dos distritos de Icoaraci, Outeiro e Mosqueiro, podendo receber os seguintes tratamentos: desinfecção; aeração e desinfecção; aeração, filtração e desinfecção.

A água captada dos poços também é armazenada em reservatórios elevados, cuja função é manter a pressão na rede de distribuição e garantir o abastecimento de água na hora de maior consumo (Souza; Nylander e Pereira, 2021; Mendes *et al.*, 2018).

4.3 Entrada e saída de dados no SISAGUA (Situação atual)

No Brasil, as secretarias de saúde utilizam o SISAGUA 4, atual versão do *software* fornecido pelo Governo Federal, para registrar as formas de abastecimento e os dados do monitoramento da qualidade da água.

O SISAGUA dispõe de três módulos principais de entrada de dados: módulo cadastro, módulo controle e módulo vigilância.

O módulo vigilância do sistema SISAGUA refere-se aos dados do monitoramento da qualidade da água realizado pelas secretarias municipais de saúde que foram objeto de análise deste estudo.

No caso de Belém, o monitoramento da qualidade da água envolve o plano básico de amostragem que contempla as variáveis (cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*), as formas de abastecimento e os pontos de coleta, conforme Quadro 01.

Quadro 01 – Pontos de coletas em função da forma de abastecimento

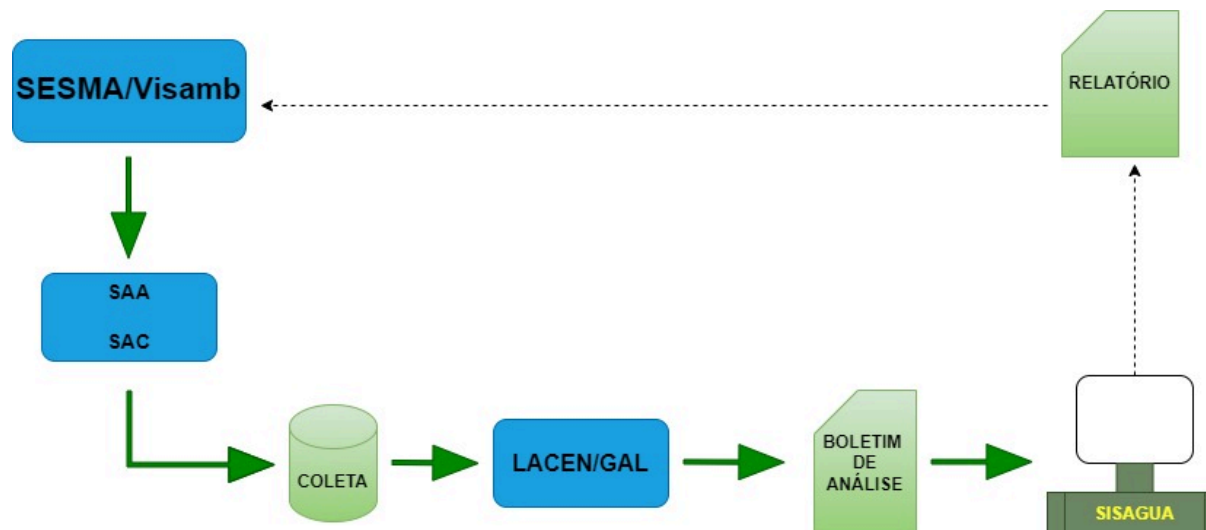
FORMAS	LOCAL DA COLETA
Sistema de abastecimento de água – SAA	Saída das três estações de tratamento ou na saída dos reservatórios elevados instalados nos setores de distribuição
	Pontos intradomiciliares ou intraprediais
	Rede de distribuição
Solução alternativa coletiva – SAC	Saída dos reservatórios elevados
	Pontos intradomiciliares ou intraprediais

Fonte: Autor (2024).

O Quadro 01 fornece uma visão clara dos pontos onde as amostras de água são coletadas, dependendo do tipo de forma de abastecimento. Os pontos específicos de coleta levam em consideração locais que abrigam populações vulneráveis ou que exista grande circulação de pessoas, tais como: creches, hospitais, clínicas, escolas e terminais de passageiros, como exemplo o Terminal Rodoviário de Belém Eng. Hildegardo Silva Nunes, localizado no bairro de São Bráz.

Após a realização da coleta, a entrada de dados no sistema SISAGUA ocorre da seguinte forma: a secretaria municipal de saúde envia as amostras ao Laboratório Central de Saúde Pública do Estado do Pará (LACEN/PA), laboratório de referência vinculado à Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará, cuja principal função é realizar diagnósticos laboratoriais eficientes, seguros e rápidos, contribuindo para o controle epidemiológico e sanitário da população. Após as análises, o LACEN/PA emite os laudos e os envia automaticamente ao SISAGUA por meio do Gerenciador de Ambiente Laboratorial (GAL), que é integrado ao sistema SISAGUA. Assim, os resultados das análises laboratoriais são registrados automaticamente após a conclusão dos laudos, conforme mostrado na Figura 09.

Figura 09 – Fluxo de entrada e saída de dados do SISAGUA



Fonte: Autor (2024).

De acordo com a legislação vigente, os dados introduzidos no SISAGUA devem produzir relatórios que reflitam a qualidade da água servida à população e forneçam subsídios

para a intervenção dos gestores, caso a qualidade da água represente risco à saúde da população.

4.4 Coleta de dados e definição de variáveis envolvidas

Antes de iniciar a elaboração do *dashboard*, primeiramente foi necessário realizar a coleta de dados no sistema SISAGUA, que ocorreu de forma secundária, uma vez que a vigilância ambiental do município de Belém tem a prerrogativa de executar o plano básico de amostragem para a água de consumo humano, cujo resultados laboratoriais são cadastrados no SISAGUA.

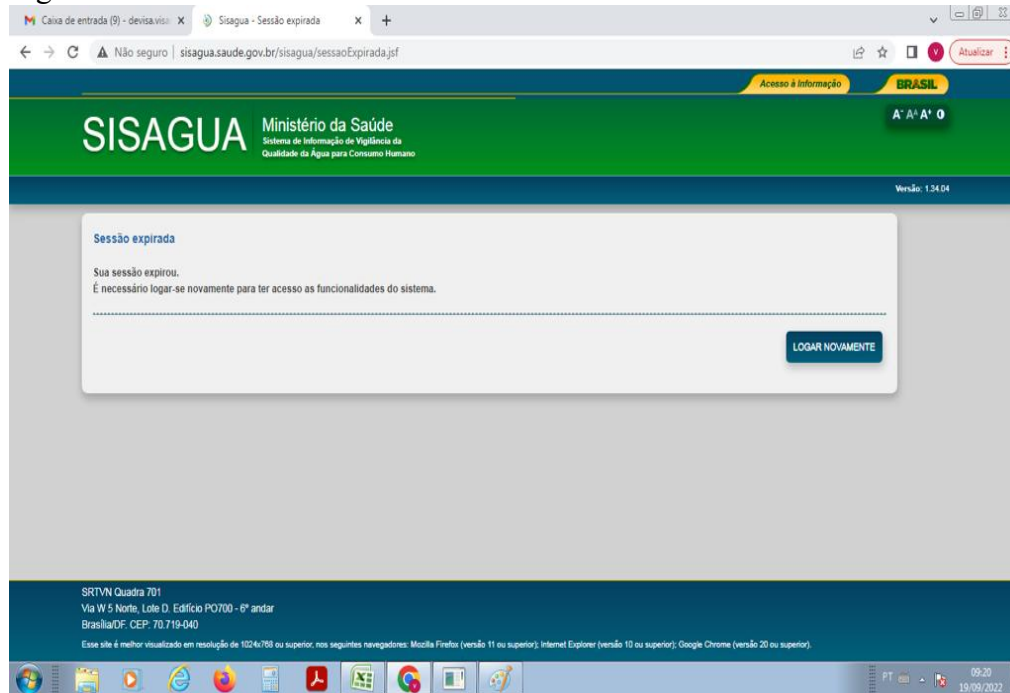
Para tanto, torna-se necessário descrever os procedimentos utilizados para obtenção dos referidos dados, desde o acesso do usuário ao sistema SISAGUA, cuja tela de acesso é mostrada na Figura 10, até o relatório de saída de dados, dando especial ênfase as telas envolvidas no processo de coleta de dados utilizados neste estudo.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram obtidos dados do sistema SISAGUA, desde o ano de 2018 até o ano de 2023, considerando as amostras de rotina monitoradas pelo setor saúde municipal, referentes as formas de abastecimento SAA e SAC, cujas variáveis de interesse são: cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*.

Na tela de acesso ao SISAGUA o usuário do sistema precisa informar o seu e-mail ou o CPF e a sua senha pessoal para ter acesso a área restrita do sistema.

O perfil de acesso ao SISAGUA no âmbito municipal é uma designação da autoridade de saúde pública estadual.

Figura 10 – Tela de acesso ao sistema SISAGUA

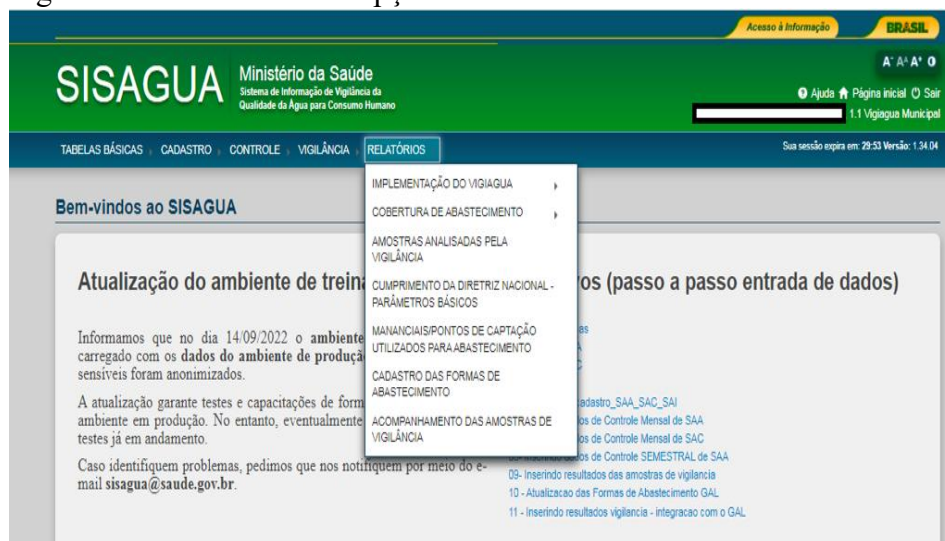


Fonte: Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA).

Estando na área restrita do sistema, o usuário pode ter acesso aos cinco módulos do sistema, a saber: tabelas básicas, cadastro, controle, vigilância e relatórios.

A Figura 11 apresenta os cinco módulos, destacando o módulo relatórios com as suas respectivas opções, dentre as quais optamos pelo relatório referente as amostras analisadas pela vigilância.

Figura 11 – Tela Inicial de opção de relatórios



Fonte: Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA).

A opção relatório de amostras analisadas pela vigilância foi escolhida por tratar-se dos resultados laboratoriais referentes as amostras coletadas pela vigilância ambiental do município de Belém nos sistemas SAA e SAC.

A Figura 12, apresenta a tela do relatório de amostras analisadas pelo setor saúde municipal.

Figura 12 – Tela Inicial dos relatórios de amostras analisadas

Fonte: Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA).

Esta tela oferece a opção de escolher os filtros que são os critérios de escolha das informações que são apresentadas no relatório de saída.

Para este trabalho foram escolhidos os seguintes filtros: motivo = “rotina”, forma de abastecimento = “SAA” e “SAC”, período de referência = “2018 a 2023” e as variáveis analisadas, que foram: coliformes totais, *Escherichia Coli*, cloro residual livre e turbidez.

4.5 Tratamento dos dados

No SISAGUA, fonte de dados deste estudo, são registradas para cada amostra de água analisada, a concentração de cloro residual livre, o valor de unidade de turbidez medido e a presença ou ausência de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*.

Este trabalho utilizou como referência o Anexo XX da portaria de consolidação GM/MS nº 5 de 2017, em consonância com as alterações produzidas pelas portarias GM/MS nº 888/2021 e nº 2472/2021. Portanto, as amostras de água, cujos resultados apontaram uma concentração de cloro residual livre abaixo de 0,2 mg/L ou acima de 5,0 mg/L, valor máximo permitido (VMP) para o cloro residual livre, foram consideradas insatisfatória. No caso contrário, foram consideradas satisfatória.

Seguindo o mesmo raciocínio, as amostras de água para análise de turbidez da rede de distribuição e dos pontos intradomiciliares/intraprediais foram consideradas insatisfatórias quando os resultados ficaram acima de 5 uT. Resultados abaixo desse valor foram considerados satisfatórios.

Ainda com relação a turbidez, a portaria de potabilidade estabelece valores mais rigorosos nas saídas das estações de tratamento e na saída das soluções alternativas coletivas, conforme descrito no Anexo 2 – Padrão de turbidez para água pós-desinfecção (para água subterrânea) ou pós-filtração, variando de acordo com o tipo de filtração utilizado. No entanto, como o banco de dados do SISAGUA não fornece este tipo de informação, este estudo aplicou o mesmo critério utilizado na rede de distribuição e nos pontos intradomiciliares/intraprediais: resultados que ficaram acima de 5,0 uT foram considerados insatisfatórios, enquanto aqueles abaixo desse valor foram consideradas satisfatória.

Da mesma forma, as amostras de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, cujos resultados laboratoriais determinaram a “presença” de tais bactérias foram consideradas insatisfatórias. No caso contrário, foram consideradas satisfatória.

4.5.1 Análise estatística descritiva dos dados

Este trabalho contempla a análise estatística descritiva para as variáveis cloro residual livre e turbidez, onde calcula-se o valor médio, mínimo, máximo e desvio padrão. Para essas duas variáveis foi calculado também o índice físico-químico, como forma de avaliar se a água atende aos valores máximos permitidos (VMP), utilizando a seguinte Equação:

$$IFQ = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de amostras iguais ou inferiores ao VMP}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de amostras coletadas}} \times 100 \quad (1)$$

Para as variáveis Coliformes Totais e *Escherichia Coli*, cujos resultados laboratoriais são presença ou ausência, foi calculado o índice bacteriológico para avaliar se a água atende ao padrão bacteriológico de potabilidade, segundo a Equação:

$$IB = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de amostras com ausência de coliformes totais}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de amostras coletadas}} \times 100 \quad (2)$$

Para o tratamento de *outliers* foi aplicado o método de Tukey (Tukey, 1977), que considera que qualquer valor que esteja fora da tolerância de 1,5 do respectivo intervalo

interquartil é um provável *outlier*. Desta forma, os limites inferior e superior foram calculados segundo as Equações 3 e 4.

$$\text{Limite inferior} = 1^{\circ} \text{ quartil} - 1,5 (3^{\circ} \text{ quartil} - 1^{\circ} \text{ quartil}) \quad (3)$$

$$\text{Limite superior} = 3^{\circ} \text{ quartil} + 1,5 (3^{\circ} \text{ quartil} - 1^{\circ} \text{ quartil}) \quad (4)$$

A análise de outlier possibilita a identificação de valores atípicos que porventura tenham sido introduzidos de maneira incorreta ou acidental na base de dados.

A apresentação desses resultados levou em consideração a distribuição das variáveis ao longo do período de estudo, o tipo de forma de abastecimento (SAA e SAC) e os locais de coleta (procedência das coletas).

4.5.2 Análise gráfica dos dados

Neste estudo utilizou-se a também apresentação dos resultados de forma gráfica, considerando-se a distribuição das variáveis ao longo do período do estudo, o tipo de forma de abastecimento (SAA e SAC) e os locais de coleta (procedência das coletas), conforme descrito abaixo:

O gráfico temporal de cloro, assim como o gráfico temporal de turbidez foram gerados em gráficos de série histórica mensal, por meio de linhas contínuas, com indicação diária dos valores aferidos.

Os gráficos de média cloro e média turbidez foram gerados em gráficos de colunas anuais, com indicação mensal de seus respectivos valores médios, levando-se em consideração os valores medidos ao longo do mês de referência.

Os gráficos de coliformes totais e *E. Coli* foram gerados em gráficos de colunas anuais, com indicação mensal da quantidade de análises ausentes (satisfatórias) e presentes (insatisfatórias).

4.6 Concepção do *dashboard*

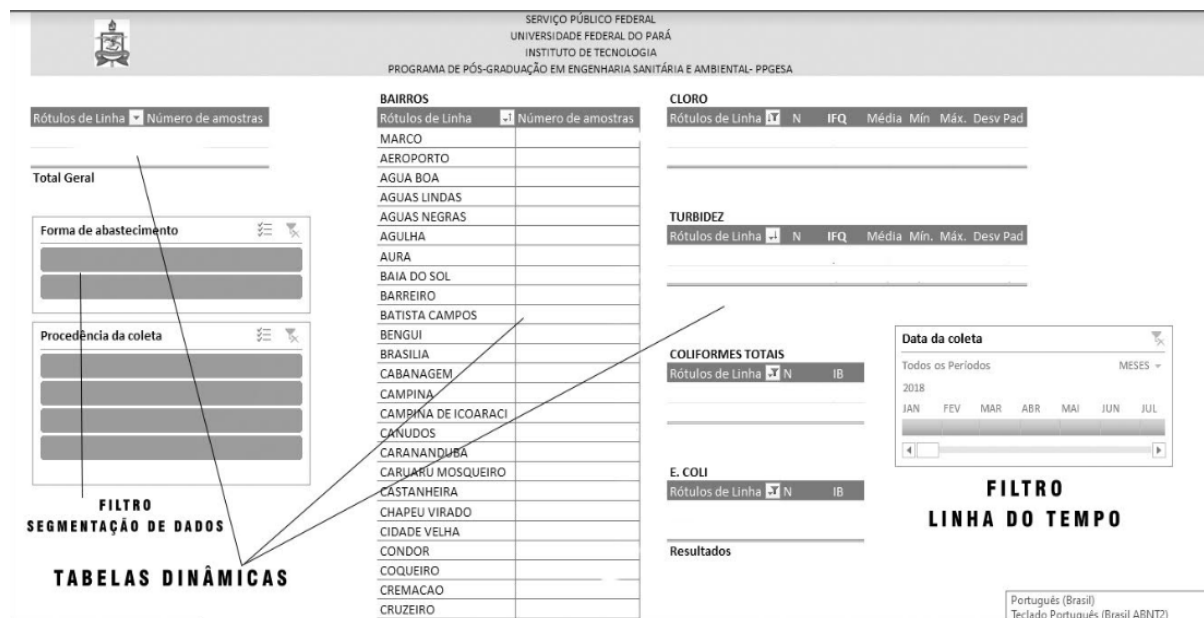
A proposta da utilização de *dashboard* apresentada neste estudo surge como uma alternativa tecnológica inovadora para apresentação dos dados do monitoramento, uma vez que são relatórios dinâmicos que apresentam informações de forma rápida e intuitiva, facilitando a compreensão dos dados e a tomada de decisão.

Os *dashboards* foram gerados no software Microsoft Excel 2016 por ser uma ferramenta de baixo custo, muito utilizada em diversos ambientes, principalmente nos ambientes público e privado.

Os *dashboards* são constituídos por relatórios visuais com diversas informações compactadas, contendo, tratamento estatístico, tabelas, gráficos, com possibilidade de filtragem de informações, de acordo com a necessidade do usuário.

A concepção visual das telas do *dashboard* contou com a adição de títulos, textos explicativos, além de elementos visuais e gráficos utilizados no *dashboard*, tais como: tabelas dinâmicas, gráficos dinâmicos, filtros de segmentação de dados e filtros de linha do tempo, conforme Figura 13.

Figura 13 – Esboço de tela do *dashboard*



Fonte: Autor (2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os principais achados relativos à qualidade da água para consumo humano no município de Belém-PA, obtidos por meio da análise de dados extraídos do sistema SISAGUA, entre os anos de 2018 e 2023. O foco recai sobre as principais variáveis monitoradas (cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*), avaliadas tanto nos sistemas de abastecimento de água (SAA) quanto as soluções alternativas coletivas (SAC). A análise visa identificar conformidades e inconformidades com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, permitindo uma visão crítica sobre a qualidade da água distribuída à população e seus possíveis impactos na saúde pública. Ademais, os *dashboards* desenvolvidos neste estudo oferecem uma nova abordagem para a visualização e acompanhamento desses dados, facilitando a identificação de padrões e proporcionando suporte à tomada de decisões em tempo real pelas autoridades de saúde pública.

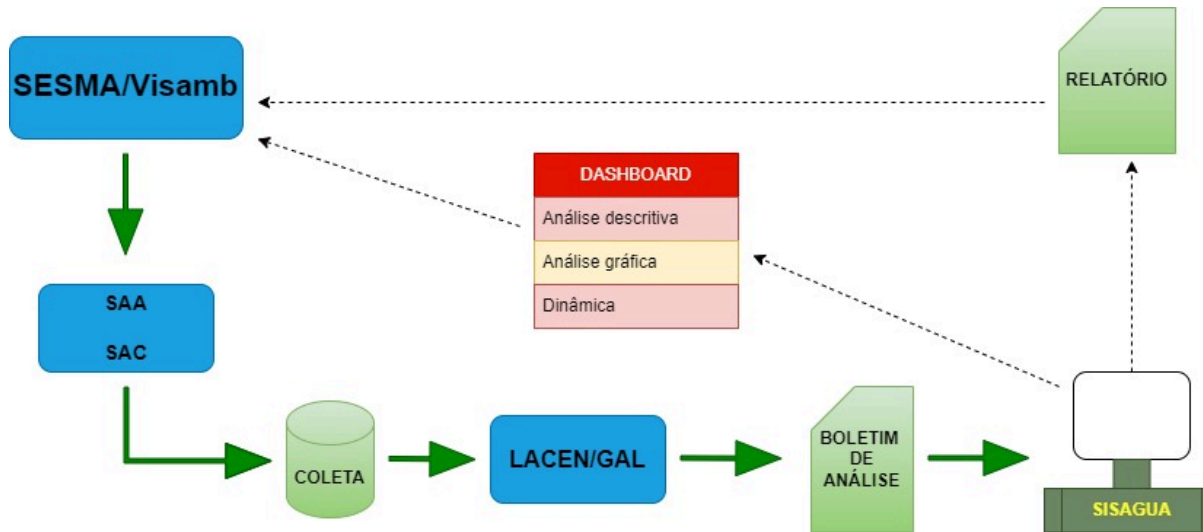
5.1 Atualização e inserção de dados no *dashboard*

A implementação do *dashboard* proposto neste estudo visa otimizar o monitoramento contínuo da qualidade da água para consumo humano. Para que o *dashboard* mantenha sua eficiência, é fundamental que novos dados de monitoramento sejam constantemente atualizados. Isto deve ocorrer sempre que novos dados laboratoriais sejam disponibilizados. No entanto, como não há integração automática entre o dashboard e o SISAGUA, este processo de atualização deve ser realizado manualmente, assegurando que todas as informações inseridas no SISAGUA sejam posteriormente transferidas para a base de dados do *dashboard*.

A principal vantagem desse sistema é que, além dos relatórios tradicionais do SISAGUA, o *dashboard* oferece uma interface visual interativa que facilita a análise e a tomada de decisões. Essa abordagem mais dinâmica e visual permite identificar rapidamente padrões e possíveis inconformidades relativas à qualidade da água, otimizando a resposta das autoridades de saúde pública.

A Figura 14 mostra o fluxo de dados proposto, onde o *dashboard* complementa os relatórios gerados pelo SISAGUA, oferecendo uma alternativa ágil para a análise dos dados

Figura 14 – Fluxo proposto para a entrada e saída de dados do SISAGUA com o *dashboard*



Fonte: Autor (2024).

5.2 Relatório de saída do SISAGUA

Como produto final da coleta de dados foram obtidas 06 (seis) planilhas anuais no formato *.xls do Microsoft Excel, conforme Figura 15, referentes aos anos de 2018 até 2023, resultado do monitoramento da água de consumo humano realizado pelo município de Belém/PA, cujas análises laboratoriais foram realizadas pelo LACEN-PA e posteriormente registradas no sistema SISAGUA.

As 06 (seis) planilhas geradas, resultado da extração de dados do SISAGUA, apresentaram inconsistências em alguns conteúdos de suas células. Por exemplo, campos com conteúdo de data estavam como se fossem do tipo texto, ou ainda, campos com conteúdo numérico estavam também definidos como tipo texto. Nos dois casos, foi preciso identificar essas inconsistências e restabelecer o tipo correto de dado para o conteúdo das células.

Em seguida, as seis planilhas foram unidas em uma só, que posteriormente foi transformada em uma única tabela do Microsoft Excel, denominada de “Base de dados”, que possui 4.303 linhas, ou seja, 4.303 resultados de amostras de água que foram utilizadas na elaboração do *dashboard*.

Na fase seguinte, o Microsoft Excel foi aberto e a tabela “Base de dados” foi selecionada como fonte de dados para o *dashboard*, de onde foram extraídas as informações mais relevantes para as análises apresentadas neste estudo.

Figura 15 – Relatório de saída dos dados do SISAGUA, fonte de dados para o *dashboard*

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ INSTITUTO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - PPGESA											
Motivo	Forma	Nome	Código	Nº da amostra	Data da coleta	Data do laudo	Data de registro SISAGUA	Procedência da coleta	Ponto de coleta	Categoria da Área	
Rotina	SAA	COSANPA VERDEJANTE	S150140000018	220001000007	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	Bairro	
Rotina	SAC	EMEIF SANTANA DO AURA	C150140000168	220001000001	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	Reservatório de água	Bairro	
Rotina	SAA	COSANPA VERDEJANTE	S150140000018	220001000006	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	orneira após a reservaçã	Bairro	
Rotina	SAC	UMS AGUAS LINDAS	C150140000094	220001000004	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	Reservatório de água	Bairro	
Rotina	SAC	USF AGUAS LINDAS II	C150140000105	220001000002	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	Reservatório de água	Bairro	
Rotina	SAA	COSANPA VERDEJANTE	S150140000018	220001000005	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	Bairro	
Rotina	SAA	COSANPA BOLONHA	S150140000001	220001000016	05/01/2022	11/01/2022	13/01/2022	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	Bairro	
Rotina	SAC	UEI AURA	C150140000108	220001000003	03/01/2022	05/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	Reservatório de água	Bairro	
Rotina	SAA	COSANPA BOLONHA	S150140000001	220001000018	05/01/2022	11/01/2022	13/01/2022	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	Cavalete/Hidrômetro	Bairro	
Rotina	SAA	COSANPA BOLONHA	S150140000001	220001000019	05/01/2022	11/01/2022	13/01/2022	RA-DOMICILIAR / INTRA-PRE	orneira após a reservaçã	Bairro	

Zona	Área	Local	Descrição do local	Latitude	Longitude	Hora da coleta	chuva nas últimas 48	Coliformes totais	E. coli	o Residual Livre (mg/L)	turbidez (NTU)
Urbana	JAS LIN	UP VERDEJANTE IV - SEMEC	RUA DA MATA, 1			10:10	Sim	Presente	Presente	0,05	0,40
Urbana	AURA	EMEIF SANTANA DO AURA	ESTRADA DO AU			09:00	Sim	Presente	Ausente	0,04	0,40
Urbana	JAS LIN	EMEIF PARQUE BOLONHA	RUA DA MATA C			10:00	Sim	Ausente	Ausente	0,80	0,61
Urbana	JAS LIN	UMS AGUAS LINDAS	CONJ VERDEJAN			09:49	Sim	Ausente	Ausente	0,04	0,38
Urbana	JAS LIN	UNIDADE SAUDE DA FAMILIA	RUA OSVALDO C			09:22	Sim	Presente	Presente	0,03	0,30
Urbana	AURA	EMEIF SANTANA DO AURA	ESTRADA DO AU			09:55	Sim	Ausente	Ausente	1,78	0,84
Urbana	RAMBA	EEEF VIRGINIA ALVES DA CUA	AV DALVA Nº 40			09:45	Sim	Ausente	Ausente	0,02	0,85
Urbana	AURA	UEI AURA	AV OSVALDO CR			09:35	Sim	Ausente	Ausente	0,03	0,36
Urbana	RAMBA	EEEF CORNELIO DE BARR	AV DALVA, Nº 4			10:00	Sim	Ausente	Ausente	0,04	0,83
Urbana	RAMBA	EEEF CORNELIO DE BARR	AV DALVA, Nº 4			10:10	Sim	Ausente	Ausente	0,04	0,86

Fonte: Autor (2024).

A Figura 15 apresenta o relatório de saída do SISAGUA no formato de planilha eletrônica do Microsoft Excel, destacando as células que contém as variáveis cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*.

5.3 Análise dos dados gerados

Neste trabalho, foram analisados os resultados de 4.303 amostras de água para consumo humano realizadas pelo LACEN-PA, cadastradas no sistema SISAGUA, referentes as coletas realizadas entre os anos de 2018 e 2023 no Município de Belém/PA, sendo 3.518 amostras coletadas do sistema de abastecimento de público de água (SAA) e 785 amostras de soluções alternativas coletivas (SAC).

De acordo com dados da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), o município de Belém, dispõe de dois tipos de sistemas de distribuição de água, denominados de sistema integrado e sistemas isolados, ambos cadastrados no SISAGUA como SAA.

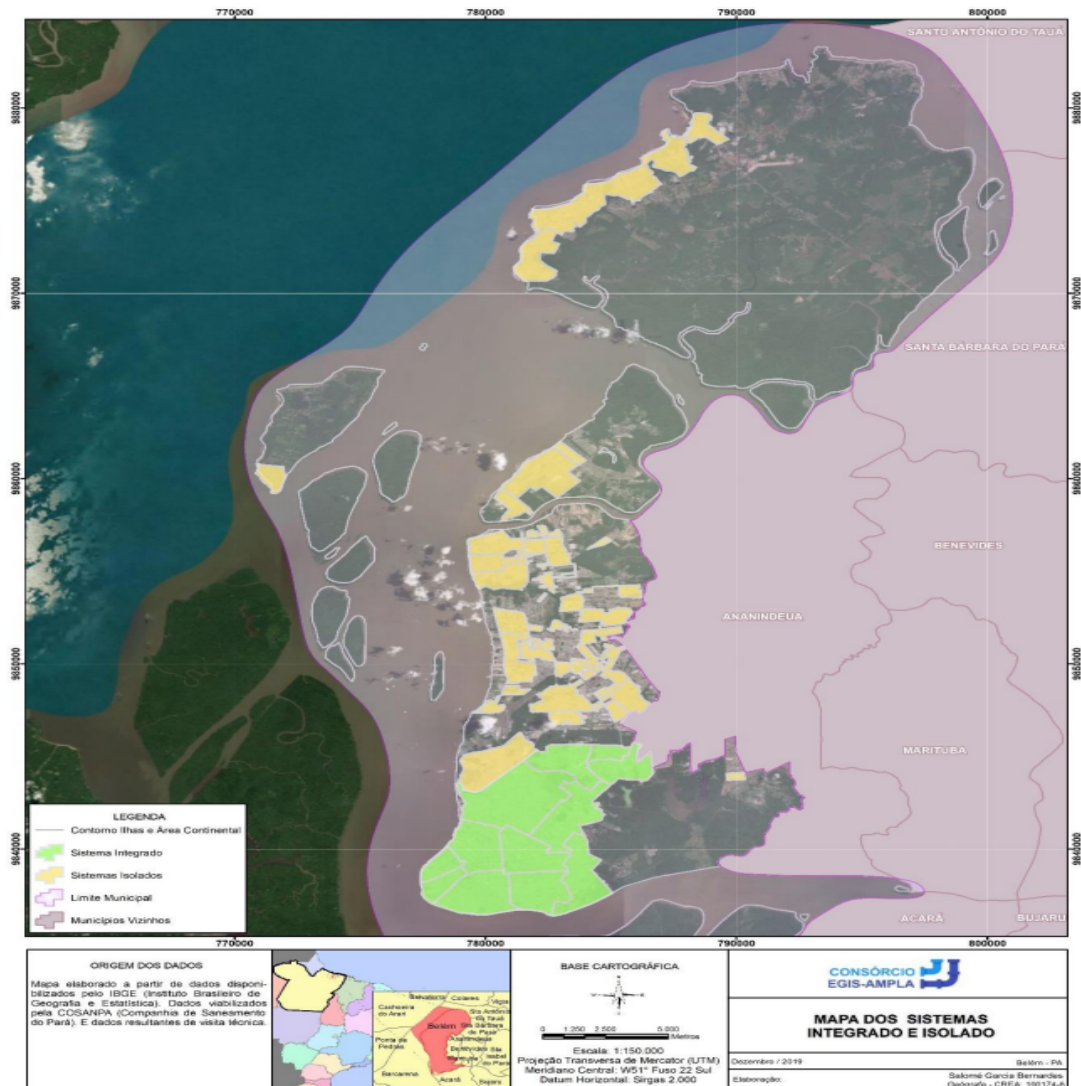
O sistema integrado é composto por mananciais superficiais, formado pelo sistema Bolonha-Utinga que recebe contribuição de vazão do Rio Guamá. Este sistema atende aproximadamente 70% da população da cidade de Belém e abastece 12 (doze) setores de distribuição e recebe a denominação integrado por apresentar unidades comuns de captação, adução, elevação e tratamento.

Os sistemas isolados captam água de manancial subterrâneo através de poços tubulares com capacidade de vazão que variam de 60 a 360 m³/h.

Os sistemas isolados atendem aproximadamente 30% da população de Belém e abastecem 36 (trinta e seis) setores de distribuição.

A Figura 16 apresenta o sistema integrado e os sistemas isolados que fornecem água para o município de Belém que são responsabilidade da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Figura 16 – Mapa de Belém mostrando o sistema integrado e os sistemas isolados



Fonte: EGIS-AMPLA (2019).

5.3.1 Sistema de abastecimento de água (SAA)

Para a forma de abastecimento SAA, foram extraídos 3.518 dados de amostras do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). Estes dados foram obtidos do período de 2018 a 2023 e incluem informações sobre cloro residual livre (CRL), turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. Coli*). As

amostras foram coletadas em três diferentes pontos: na saída das estações de tratamento de água, em pontos intradomiciliares/intraprediais e no sistema de distribuição (rede de distribuição).

O Quadro 02 fornece informações referentes as quantidades de amostras extraídas do sistema de abastecimento de água (SAA), a quantidade de amostras coletadas em cada ponto, bem como a quantidade de amostras efetivamente analisadas pelo laboratório de referência para cada variável do plano básico de amostragem.

Quadro 02 – Quantidade de amostras coletadas do SAA e efetivamente analisadas por tipo de local de coleta e tipo de variável

		VARIÁVEL ANALISADAS			
FORMAS	LOCAL DA COLETA	CRL	TURBIDEZ	COLIFORMES TOTAIS	E. COLI
Sistema de abastecimento de água – SAA (3.518 coletas extraídas)	Saída das três estações de tratamento ou na saída dos reservatórios elevados instalados nos setores de distribuição (492 coletas extraídas)	476	425	492	489
	Pontos intradomiciliares ou intraprediais (949 coletas) Extraídas	940	911	948	942
	Rede de distribuição (2.077 coletas extraídas)	2.063	1.935	2.071	2.065

Fonte: Autor (2024).

Conforme observado no Quadro 02, a discrepância entre quantidade de amostras coletadas e as amostras efetivamente analisadas decorre da metodologia adotada pelo LACEN, que não realiza exames para amostras violadas, mal lacradas ou que são provenientes de fontes onde não há evidências de tratamento com cloração. Para essas amostras específicas, a análise de cloro não é conduzida, pois não atendem aos critérios necessários para garantir resultados

precisos e representativos. A diferença entre as quantidades extraídas e analisadas também pode ser explicada pela aplicação de filtro de *outlier* (Equações 3 e 4) utilizado neste estudo.

A Tabela 04 apresenta o tratamento estatístico aplicado aos 476 resultados laboratoriais obtidos para a variável cloro residual livre (CRL) e aos 425 resultados obtidos para a variável turbidez.

Tabela 04 – Cloro residual livre e Turbidez na saída da estação de tratamento

ANO	N	IFQ (%)	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Cloro residual livre						
2018	18	66,67	0,74	0	2,01	0,71
2019	85	35,29	0,42	0	4,85	0,75
2020	86	37,21	0,35	0,01	3,57	0,59
2021	97	34,02	0,38	0	4,82	0,73
2022	95	44,21	0,50	0	5,91	0,93
2023	95	46,32	0,52	0	6,90	0,92
Turbidez						
2018	27	100,00	2,69	1,04	4,94	0,93
2019	78	94,87	2,69	0,50	5,66	1,35
2020	70	82,86	3,01	0,23	6,51	1,76
2021	81	86,42	2,66	0,32	6,60	1,83
2022	85	94,12	2,16	0,03	5,93	1,56
2023	84	94,05	2,32	0,29	6,64	1,43

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 04 foi observado que a variável cloro residual livre apresentou um número de amostras analisadas variando entre 18 e 97, totalizando 476 coletas entre 2018 e 2023, indicando que o ano de 2018 teve um volume de dados bem abaixo do que os outros anos analisados. O valor médio oscilou entre 0,35 mg/L registrada no ano de 2020 e 0,74 mg/L no ano de 2018, dentro da faixa permitida pela legislação vigente (0,2 mg/L- 5 mg/L). Os valores mínimos variaram de 0,00 mg/L a 0,01 mg/L ao longo do período, enquanto os valores máximos variaram de 2,01 mg/L a 6,90 mg/L. Os valores mínimos observados indicam ausência de cloração na saída de alguns sistemas de abastecimento de água, enquanto os valores máximos observados nos anos de 2022 e 2023 superaram o valor máximo permitido de 5 mg/L. O desvio padrão variou de 0,59 a 0,93 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média

Apesar do valor da média anual de cloro residual livre estar dentro da faixa admitida pelos critérios de potabilidade, torna-se preocupante a existência de valores abaixo do mínimo e acima do máximo permitido pela legislação, uma vez que valores dentro da faixa permitida indicam a presença de cloração adequada, contribuindo para a prevenção de contaminação microbiológica e prevenção de doenças de veiculação hídrica. Por outro lado, valores acima do valor máximo permitido, sugere possíveis problemas no processo de cloração e neste caso a saúde pública pode ser prejudicada pelo excesso de cloro disponível na água de consumo. Além disso, o excesso de cloro pode afetar as propriedades organolépticas, alterando o sabor e o odor da água, o que pode resultar em uma experiência desagradável para o consumidor.

A variável turbidez apresentou um número de amostras analisadas variando entre 27 e 85, totalizando 425 entre 2018 e 2023, indicando novamente que o ano de 2018 teve um volume de dados bem abaixo do que os demais anos do período analisado. A média da turbidez apresentou uma discreta diminuição ao longo do período, de 2,69 uT em 2018 para 2,32 uT em 2023. Os valores mínimos variaram de 0,03 uT a 1,04 uT ao longo do período, enquanto os valores máximos variaram de 4,64 uT a 6,64 uT. Notou-se que os valores máximos observados nos anos de 2019 a 2023 superaram o valor máximo permitido de 5 uT. O desvio padrão variou de 0,93 a 1,83 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Valores elevados de turbidez na saída das estações de tratamento podem afetar a eficácia da desinfecção com cloro, já que partículas em suspensão podem abrigar microrganismos patogênicos do efeito do cloro. Portanto, a turbidez deve ser rigorosamente monitorada na saída das estações de tratamento de água para garantir a eficácia da desinfecção da água.

Logo, manter um equilíbrio entre os níveis de cloro residual livre e turbidez é fundamental para garantir a qualidade da água potável e a segurança sanitária dos sistemas de abastecimento.

Também na Tabela 04 foi observado que em todos os anos analisados, a variável cloro residual livre apresenta IFQ abaixo de 50%, com exceção do ano de 2018, onde obteve-se IFQ = 66,67%. Estes valores indicam uma má qualidade da água com relação ao potencial de proteção de proliferação de microrganismos, tendo como referências o cloro residual livre, uma vez que todos os valores ficaram abaixo de 66,67%.

Os baixos valores de IFQ obtidos para a variável cloro residual livre indicam a deficiência no processo de cloração ou na manutenção dos níveis de cloro nas estações de tratamento de água. Os valores obtidos para o IFQ desrespeitam a norma de potabilidade, podendo ser responsáveis pela proliferação de microrganismos patogênicos e aumento de doenças transmitidas pela água.

Quanto a variável turbidez, obteve-se valores bem mais favoráveis para o IFQ, apresentando valor mínimo de 82,86% em 2020 e máximo de 100% em 2018. Estes valores indicam uma boa qualidade físico-química da água, tendo como referências a turbidez, uma vez que todos os valores ficaram acima de 80%.

Apesar da variável turbidez apresentar valores de IFQ mais favoráveis, os valores abaixo de 100% podem representar falhas no processo de tratamento de água, pois nesta fase do tratamento da água a turbidez está relacionada com a eficiência da estação de tratamento, visto que níveis de turbidez baixo torna o processo de desinfecção mais eficaz.

O índice físico-químico IFQ ideal corresponde a 100%, indicando que todas as amostras analisadas atendem aos critérios estabelecidos pela legislação de potabilidade, garantindo a segurança e a qualidade da água. Por outro lado, resultados de IFQ muito abaixo de 100% indicam uma má qualidade físico-química da água e, portanto, requerem investigação e intervenção imediata para identificar e corrigir o problema.

Na saída das estações de tratamento foram coletadas 492 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 05 apresenta o índice bacteriológico IB calculado para a variável Coliformes totais que teve 492 amostras efetivamente analisadas e para a variável *E. Coli.* com 489 amostras analisadas.

Tabela 05 - Coliformes totais e *E. Coli* na saída da estação de tratamento

	ANO	N	IB (%)
Coliformes totais			
	2018	30	80,00
	2019	87	70,11
	2020	87	63,22
	2021	98	66,33
	2022	95	72,63
	2023	95	72,63
<i>E. Coli</i>			
	2018	30	96,67
	2019	86	91,86
	2020	86	86,05

2021	97	93,81
2022	95	91,58
2023	95	94,74

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 05 foi observado que a variável coliformes totais apresentou no ano de 2020 o menor IB correspondendo a 63,22%, nos demais anos o IB apresentou valores mais significativos, acima de 66% chegando até a 80%, indicando que a presença de coliformes totais deve ser investigada, de modo a melhorar a qualidade da água tratada.

Considerando que a legislação de potabilidade não admite a presença de coliformes totais na saída das estações de tratamento, os baixos valores de IB obtidos para a variável coliformes totais são preocupantes, pois violam a legislação vigente, uma vez que os coliformes totais são um grupo de bactérias que inclui várias espécies, algumas das quais podem indicar possível contaminação fecal, representando potencial risco para a saúde pública.

Nesta fase do tratamento de água a presença de coliformes totais não é permitida e indica deficiência no processo de tratamento da água.

Em relação a variável *E. Coli*, obteve-se valores de IB acima de 86% chegando até a 96,67% registrado em 2018, indicando que a qualidade bacteriológica para *E. Coli* ao longo do período analisado não atingiu o valor ideal de 100%.

Os valores de IB obtidos para a variável *Escherichia Coli* são ainda mais preocupantes, já que a presença desta bactéria é vedada pela legislação na água de consumo humano. A *Escherichia Coli* é uma bactéria encontrada no trato intestinal de seres humanos e animais de sangue quente. Sua presença na água é considerada um indicador de contaminação fecal e pode representar risco potencial à saúde humana.

O índice bacteriológico IB de 100% indica que todas as amostras analisadas atendem aos critérios estabelecidos pela legislação de potabilidade, garantindo a segurança e a qualidade da água. Por outro lado, resultados de IB muito afastados de 100% indicam uma má qualidade bacteriológica da água, sugerindo a presença de contaminantes ou falhas no processo de tratamento da água.

Desta forma, é fundamental que o IB se mantenha em 100% para garantir a qualidade da água para consumo humano. Valores afastados desse patamar requerem investigação e imediata intervenção para identificar e corrigir as fontes de contaminação, assegurando assim a preservação da saúde pública e o cumprimento das normas de potabilidade.

Nos pontos intradomiciliares/intraprediais foram coletadas 949 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 06 apresenta o tratamento estatístico aplicado aos 940 resultados laboratoriais obtidos para a variável cloro residual livre (CRL) e aos 911 resultados obtidos para a variável turbidez.

Tabela 06 – Cloro Residual Livre e Turbidez nos pontos intradomiciliares/intraprediais

ANO	N	IFQ (%)	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Cloro residual livre						
2018	07	14,29	0,05	0	0,20	0,07
2019	184	10,87	0,10	0	1,74	0,20
2020	170	17,65	0,17	0	6,37	0,56
2021	175	13,71	0,14	0	2,91	0,33
2022	198	8,59	0,09	0	2,32	0,24
2023	206	4,85	0,07	0	1,98	0,19
Turbidez						
2018	08	87,50	2,65	1,13	5,51	1,34
2019	185	98,38	2,63	0,54	6,61	1,05
2020	162	97,53	1,62	0,03	6,26	1,18
2021	169	94,04	1,83	0,16	6,41	1,33
2022	188	98,94	1,81	0,08	6,31	1,19
2023	199	98,49	1,57	0,02	5,59	1,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 06 foi observado que a variável cloro residual livre apresentou um número de amostras analisadas variando entre 07 e 206, totalizando 940 coletas entre 2018 e 2023, indicando que o ano de 2018 teve um volume de dados bem abaixo do que os outros anos analisados. O valor médio oscilou entre 0,05 mg/L registrada no ano de 2018 e 0,17 mg/L no ano de 2020, abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L). Em todos os anos o valor mínimo registrado foi de 0,00 mg/L, abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L), enquanto apenas no ano de 2020 o valor de 6,37 mg/L superou o valor máximo permitido de 5 mg/L. O desvio padrão variou de 0,07 a 0,56, indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Em todos os anos analisados os valores médios, assim como os valores mínimos observados ficaram abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L). A

quantidade insuficiente de cloro residual livres nestes locais pode ser justificada pelos baixos níveis de cloro observados nas saídas das estações de tratamento; por vazamentos nas redes de distribuição que podem permitir a entrada de água não tratada ou contaminada na rede, pelo decaimento do nível de cloro ao longo da rede de distribuição ou ainda pela ineficiente limpeza de reservatório de água, caso estas amostras tenham sido coletadas após a reservação de água.

Valores muito baixo de cloro no interior dos imóveis podem representar risco para a saúde pública, pois o cloro é essencial para a desinfecção da água e prevenção da saúde.

A variável turbidez apresentou um número de amostras analisadas variando entre 08 e 199, totalizando 911 coletas entre 2018 e 2023, indicando novamente que o ano de 2018 teve um volume de dados bem abaixo do que os demais anos do período analisado. O valor médio para a turbidez oscilou entre 1,57 uT em 2023 e 2,65 uT em 2018, permanecendo abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente (5 uT). Em todos os anos os valores mínimos ficaram abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente de 5 uT, enquanto que os valores máximos ficaram acima do valor máximo permitido de 5 uT. O desvio padrão variou entre 1,00 e 1,34 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Em todos os anos analisados houve valores máximos acima do valor máximo permitido de 5 uT. A turbidez elevada associada aos baixos níveis de cloro observados nestes pontos de coleta pode representar um grande risco a saúde da população, uma vez que o aumento da turbidez indica a presença de partículas em suspensão na água, incluindo microrganismos patogênicos como vírus, bactérias e protozoário. Já os baixos níveis de cloro observados podem ser insuficientes para inocular esses organismos, aumentando potencialmente o risco de doenças pela ingestão de água contaminada pela população.

Também na Tabela 06 foi observado que em todos os anos analisados, a variável cloro residual livre apresentou IFQ abaixo de 18%. Estes valores indicam uma má qualidade físico-química da água, tendo como referências o cloro residual livre.

Os resultados desfavoráveis para o IFQ do cloro residual livre podem ser explicados pelos baixos valores de cloro residual livre associados aos altos valores de turbidez observados nestes pontos de coleta. Sendo que baixos valores de cloro ou sua ausência pode comprometer seriamente a saúde pública, já que o cloro é amplamente utilizado para eliminar ou diminuir a presença de microrganismos indesejáveis. Sem a presença do cloro esses microrganismos podem sobreviver, proliferar e prejudicar severamente a saúde humana.

Quanto a variável turbidez, obteve-se valores bem mais favoráveis para o IFQ, ficando acima de 87% em todos os anos analisados.

Apesar da variável turbidez apresentar valores de IFQ mais favoráveis, os valores observados ficaram abaixo de 100%. A turbidez da água no interior dos domicílios pode ser atribuída a falta de limpeza periódica dos reservatórios, vazamento nas tubulações, interrupções no abastecimento de água, dentre outras causas. A água com turbidez elevada, além de ser esteticamente desagradável pode representar um elevado risco à saúde, especialmente se for causada por contaminação microbiológica.

Nos pontos intradomiciliares/intraprediais foram coletadas 949 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 07 apresenta o índice bacteriológico IB calculado para a variável Coliformes totais que teve 948 amostras analisadas e para a variável *E. Coli*. com 942 amostras analisadas.

Tabela 07 – Coliformes totais e *E. Coli* nos pontos intradomiciliares/intraprediais

	ANO	N	IB (%)
Coliformes totais			
	2018	08	25,00
	2019	188	38,30
	2020	174	50,00
	2021	175	56,57
	2022	198	53,03
	2023	205	55,61
<i>E. Coli</i>			
	2018	08	62,50
	2019	187	70,05
	2020	171	80,70
	2021	174	79,31
	2022	197	80,71
	2023	205	80,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 07 foi observado que em todos os anos analisados, a variável coliformes totais apresentou IB entre 25% e 56,57%. Estes valores indicam uma má qualidade bacteriológica da água, tendo como referências a variável coliformes totais.

Considerando que o Anexo 1 da legislação de potabilidade admite apenas uma amostra mensal positiva para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem menos de 20.000 habitantes ou, no máximo, 5% de amostra mensais positivas para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes, os baixos valores de IB obtidos para a variável coliformes totais abaixo de 100% são preocupantes, pois mostra que houve inconformidades no período analisado. A presença de coliformes totais na rede de distribuição requer rigorosa investigação e medidas corretivas, visando prevenir impactos negativos na saúde da população.

Quanto a variável *E. Coli*, obteve-se valores bem mais favoráveis para o IB variando entre 62,50% e 80,71%. Estes valores indicam razoável qualidade bacteriológica da água, tendo como referências a variável turbidez.

Apesar da variável *E. Coli* apresentar valores de IB mais favoráveis, todos os valores observados ficaram abaixo de 100%, violando também a legislação de potabilidade que não admite a presença de *E. Coli* na água de consumo humano.

Algumas cepas de *E. Coli*, especialmente as variantes patogênicas, quando ingeridas podem causar infecções gastrointestinais, como gastroenterite, diarreia, cólicas abdominais e vômitos. Casos mais graves podem resultar em sérias complicações de saúde, incluindo óbito em pessoas idosas, por exemplo.

Na rede de distribuição foram coletadas 2.077 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 08 apresenta o tratamento estatístico aplicado aos 2.063 resultados laboratoriais obtidos para a variável cloro residual livre (CRL) e aos 1.935 resultados obtidos para a variável turbidez.

Tabela 08 – Cloro Residual Livre e Turbidez na rede de distribuição

ANO	N	IFQ (%)	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Cloro residual livre						
2018	382	35,60	0,32	0	3,73	0,57
2019	368	18,48	0,19	0	2,32	0,40
2020	303	33,33	0,33	0	7,64	0,76
2021	349	27,22	0,22	0	2,48	0,37
2022	335	18,51	0,23	0	4,40	0,55

	2023	326	18,40	0,18	0	6,00	0,46
Turbidez							
	2018	372	94,09	2,70	0,32	6,52	1,27
	2019	355	93,52	2,77	0,04	6,68	1,31
	2020	270	92,96	2,05	0,04	6,62	1,58
	2021	324	95,06	2,19	0,01	6,53	1,54
	2022	305	94,43	2,01	0,14	6,64	1,44
	2023	309	93,85	1,85	0,13	6,58	1,41

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Pode ser observado na Tabela 08 que a variável cloro residual livre apresentou um número de amostras analisadas variando entre 303 e 382, totalizando 2.063 amostras entre 2018 e 2023, indicando o volume de dados permaneceu estável no período analisado. O valor médio oscilou entre 0,18 mg/L registrada no ano de 2023 e 0,33 mg/L no ano de 2020, sendo que nos anos 2019 e 2023 os valores médios ficaram abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L), não foram registrados valores médios acima do valor máximo permitido de 5 mg/L. Em todos os anos o valor mínimo registrado foi de 0,00 mg/L, abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L), enquanto que apenas no ano de 2023 o valor de 6,00 mg/L superou o valor máximo permitido de 5 mg/L. O desvio padrão variou de 0,40 a 0,76, indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Em todos os anos analisados houve valores mínimos de cloro abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L). A quantidade insuficiente de cloro residual livres nestes locais também pode ser justificada pelos baixos níveis de cloro observados nas saídas das estações de tratamento; por vazamentos nas redes de distribuição que podem permitir a entrada de água não tratada ou contaminada na rede e pelo decaimento do nível de cloro ao longo da rede de distribuição.

Baixos níveis de teor de cloro na rede de distribuição de água tratada são sinais de alerta e devem ser tratados com seriedade para garantir a qualidade da água da água tratada e evitar riscos à saúde da população.

A variável turbidez apresentou um número de amostras variando entre 305 e 372, totalizando 1.935 amostras analisadas entre 2018 e 2023, indicando novamente que o volume de dados permaneceu estável no período analisado. O valor médio para a turbidez oscilou entre 1,85 uT em 2023 e 2,77 uT em 2019, permanecendo abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente (5 uT). Em todos os valores mínimos ficaram abaixo do valor máximo

permitido pela legislação vigente de 5 uT, enquanto que os valores máximos ficaram acima do valor máximo permitido de 5 uT. O desvio padrão variou entre 1,27 e 1,58 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Em todo o período analisado houve valores de turbidez acima do valor máximo permitido de 5 uT. A turbidez elevada juntamente com os baixos níveis de cloro observados na rede de distribuição de água pode favorecer a presença de microrganismos patogênicos na água elevando o surto de doenças de veiculação hídrica, ameaçando significativamente à saúde pública, especialmente idosos, crianças e pessoas com o sistema imunológico debilitado.

Também na Tabela 08, pode ser observado que em todos os anos analisados, a variável cloro residual livre apresentou IFQ entre 18,48% e 35,60%. Estes valores indicam uma má qualidade físico-química da água, tendo como referências o cloro residual livre.

Os resultados desfavoráveis para o IFQ do cloro residual livre podem ser explicados pelos baixos valores de cloro residual livre observados na rede de distribuição. Níveis muito baixos de cloro na rede de distribuição levanta preocupações significativas com relação à segurança da água e à eficácia dos sistemas de tratamento de água.

Quanto a variável turbidez, obteve-se valores bem mais favoráveis para o IFQ, ficando acima de 92% em todos os anos analisados, indicando uma boa qualidade físico-química da água, tendo como referências a variável turbidez.

A turbidez apresentou valores de IFQ mais favoráveis, porém abaixo de 100%. O excesso de turbidez da água na rede de distribuição pode ser causado por vazamentos nas tubulações e interrupções no abastecimento de água. A elevação da turbidez pode afetar negativamente a qualidade da água, a ponto de torna-la esteticamente desagradável e potencialmente rejeitada para o consumo. A água turva pode parecer suja ou opaca, gerando suspeitas sobre sua segurança e potabilidade.

Na rede de distribuição foram coletadas foram coletadas 2.077 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 09 apresenta o índice bacteriológico IB calculado para a variável Coliformes totais que teve 2.071 amostras analisadas e para a variável *E. Coli.* com 2.065 amostras analisadas.

Tabela 09 – Coliformes totais e *E. Coli* na rede de distribuição

	ANO	N	IB (%)
Coliformes totais			
	2018	381	60,63
	2019	375	57,07
	2020	308	63,31
	2021	349	71,63
	2022	334	72,75
	2023	324	72,84
<i>E. Coli</i>			
	2018	379	87,34
	2019	374	86,10
	2020	305	88,85
	2021	349	90,54
	2022	334	88,92
	2023	324	89,81

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Pode ser observado na Tabela 09 que, a variável coliformes totais, apresentou IB entre 57,07% e 72,84%. Estes valores indicam uma razoável qualidade bacteriológica da água, tendo como referências a variável coliformes totais.

Considerando que o Anexo 1 da legislação de potabilidade admite apenas uma amostra mensal positiva para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem menos de 20.000 habitantes ou, no máximo, 5% de amostra mensais positivas para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes, os baixos valores de IB obtidos para a variável coliformes totais abaixo de 100% são preocupantes, pois mostra que houve inconformidades no período analisado. A presença de coliformes totais na rede de distribuição requer rigorosa investigação e medidas corretivas, visando garantir a segurança da água destinada ao consumo humano.

Quanto a variável *E. Coli*, obteve-se valores de IB acima de 86% chegando até a 90,54%. Estes valores indicam uma boa qualidade biológica, tendo como referências a variável *E. Coli*. No entanto, ficaram abaixo de 100%, violando a legislação de potabilidade que não admite a presença de *E. Coli* na rede de distribuição de água de consumo humano.

Quando a bactéria *E. Coli* é detectada na água de consumo humano, deve-se realizar uma investigação abrangente para identificar a fonte de contaminação e tomar medidas corretivas em relação ao problema.

A exposição contínua à água contaminada pode produzir surto de doenças de veiculação hídrica que podem causar impactos significativos na sociedade, desde internações hospitalares, custos com medicação e afastamento de atividade laboral.

5.3.2 Solução alternativa coletiva (SAC)

O Quadro 03 fornece informações referentes as quantidades de amostras coletadas no sistema de abastecimento de água (SAC), a quantidade de amostras coletadas em cada ponto de coleta do sistema, bem como a quantidade de amostras efetivamente analisadas pelo laboratório de referência para cada variável do plano básico de amostragem.

Quadro 03 – Quantidade de amostras coletadas da SAC e efetivamente analisadas por tipo de local de coleta e tipo de variável

FORMAS	LOCAL DA COLETA	VARIÁVEIS			
		CRL	TURBIDEZ	COLIFORMES TOTAIS	E. COLI
Solução alternativa coletiva – SAC (785 coletas extraídas)	Saída dos reservatórios elevados (38 coletas extraídas)	4	37	38	38
	Pontos intradomiciliares ou intraprediais (747 coletas extraídas)	693	724	744	743

Fonte: Autor (2024).

Portanto, para a forma de abastecimento SAC foram coletadas 785 amostras para o período de 2018 a 2023, subdivididas em amostras coletadas na saída das soluções alternativas coletivas (SAC) e em pontos intradomiciliares/intraprediais.

Nas saídas das soluções alternativas coletivas (SAC) foram coletadas 38 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 10 apresenta o tratamento estatístico aplicado aos 04 resultados laboratoriais obtidos para a variável cloro residual livre (CRL) e aos 37 resultados obtidos para a variável turbidez

Tabela 10 – Cloro Residual Livre e Turbidez na saída da solução alternativa coletiva

ANO	N	IFQ (%)	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Cloro residual livre						
2018	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019	3	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01
2020	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2021	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2022	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2023	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Turbidez						
2018	04	100,00	2,11	1,08	3,41	1,00
2019	22	100,00	1,29	0,42	2,13	0,41
2020	06	100,00	0,57	0,00	1,94	0,70
2021	03	100,00	1,91	0,24	3,86	1,83
2022	01	100,00	0,45	0,45	0,45	0,00
2023	01	100,00	1,11	1,11	1,11	0,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 10 foi observado que, para a variável cloro residual, há uma falta significativa de dados, com apenas três amostras em 2019 e uma em 2023, o que dificulta qualquer análise de tendência ao longo do período.

A falta de dados relativa à variável cloro residual livre ocorre por se tratar de soluções alternativas coletivas, que comumente utilizam poços tubulares como fonte de captação de água para consumo humano. Em muitos casos há o consumo de água bruta, ou seja, sem tratamento, o que pode elevar o risco à saúde pública, já que a ausência de cloro na água do poço pode aumentar o risco de doenças transmitidas pela água, especialmente se o poço estiver próximo a fontes de poluição como esgoto, solo contaminado ou resíduos de animais. Deve-se considerar

ainda, que toda água fornecida de forma coletiva deve passar pro processo de desinfecção ou adição de desinfetante para assegurar níveis mínimos de residual desinfetante na água.

A variável turbidez apresentou um número de amostras analisadas variando entre 01 e 22, totalizando 38 coletas entre 2018 e 2023, indicando um pequeno volume de dados para o período analisado. O valor médio para a turbidez oscilou entre 0,45 uT em 2022 e 2,11 uT em 2018, permanecendo abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente de 5 uT. Em todos os anos os valores mínimos e máximos ficaram abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente de 5 uT. O desvio padrão variou entre 0,00 e 1,83 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

A turbidez na saída das soluções alternativas coletivas deve ser rigorosamente monitorada, visando garantir a eficácia da desinfecção da água.

Níveis baixos de turbidez na saída das soluções alternativas coletivas favorecem a eficácia da desinfecção da água, além de geralmente ser considerado um bom indicador da qualidade da água, tornando-a esteticamente mais atraente e aumentando a confiança do seu consumo.

Também na Tabela 10 foi observado que a ausência de dados prejudicou a análise do IFQ para o cloro residual livre.

Quanto a variável turbidez, obteve-se valores máximos para o IFQ, indicando uma excelente qualidade físico-química da água, tendo como referências a variável turbidez.

Valores baixos de turbidez da água de consumo humano é um indicador importante de qualidade e segurança sanitária da água, podendo reduzir problemas de saúde relacionados com a ingestão de contaminantes.

Nas saídas das soluções alternativas coletivas (SAC) foram coletadas 38 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 11 apresenta o índice bacteriológico IB calculado para a variável Coliformes totais que teve 38 amostras analisadas e para a variável *E. Coli.* com 38 amostras analisadas.

Tabela 11 – Coliformes totais e *E. Coli* na saída da solução alternativa coletiva

	ANO	N	IB (%)
Coliformes totais			
	2018	04	50,00
	2019	22	50,00
	2020	06	33,33
	2021	03	0,00
	2022	02	50,00
	2023	01	00,00
<i>E. Coli</i>			
	2018	04	50,00
	2019	22	90,91
	2020	06	66,67
	2021	03	66,67
	2022	02	100,00
	2023	01	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Pode ser observado na Tabela 11 que, para a saída da solução alternativa coletiva, a variável coliformes totais apresentou IB variando entre 0,00% e 50,00%. Estes valores indicam uma má qualidade bacteriológica da água, tendo como referências a variável coliformes totais.

Considerando que a legislação de potabilidade não permite a presença de coliformes totais na saída do tratamento das soluções alternativas coletivas, os baixos valores de IB obtidos para essa variável são preocupantes, pois violam a legislação vigente.

A presença de coliformes totais na saída do tratamento das soluções alternativas coletivas é um indicador de contaminação por microrganismos e sinaliza para possíveis problemas no tratamento de água, requerendo rigorosa investigação e medidas corretivas, a fim de evitar prejuízos à saúde da população.

Em relação a variável *E. Coli*, obteve-se valores de IB de 50% para em 2018; IB 66,67% para os anos de 2020 e 2021; IB 90,91% para os anos de 2019; e de 100% para o ano de 2022 e 2023.

No entanto, ficaram abaixo de 100%, violando a legislação vigente que não admite a presença de *E. Coli* na água destinada ao consumo humano.

A *Escherichia Coli* é o principal indicador de contaminação fecal. O consumo de água contaminada pode causar prejuízos à saúde da população, especialmente em pessoas mais sensíveis ou frágeis, como idosos, crianças e grávidas.

Nos pontos intradomiciliares/intra prediais foram coletadas 747 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 12 apresenta o tratamento estatístico aplicado aos 693 resultados laboratoriais obtidos para a variável cloro residual livre (CRL) e aos 724 resultados obtidos para a variável turbidez.

Tabela 12 – Cloro Residual Livre e Turbidez nos pontos intradomiciliares/intraprediais

ANO	N	IFQ (%)	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Pad.
Cloro residual livre						
2018	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019	113	2,65	0,04	0,00	0,98	0,10
2020	141	3,55	0,05	0,00	1,28	0,15
2021	169	2,96	0,04	0,00	0,78	0,08
2022	118	1,69	0,04	0,00	0,93	0,10
2023	152	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Turbidez						
2018	03	100,00	1,78	1,10	2,45	0,68
2019	115	99,13	1,47	0,12	5,81	0,97
2020	145	99,31	0,83	0,05	5,05	0,90
2021	166	99,40	0,88	0,10	6,15	1,01
2022	145	100,00	0,74	0,15	4,90	0,79
2023	155	99,33	0,86	0,13	6,44	0,87

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 12 foi observado que, a variável cloro residual livre apresentou um número de amostras analisadas variando entre 0 e 169, totalizando 693 coletas entre 2018 e 2023, indicando que o ano de 2018 não houve coleta de água. O valor médio oscilou entre 0,00 mg/L e 0,05 mg/L, abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L). Em todos os anos o valor mínimo registrado foi de 0,00 mg/L, abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L), enquanto que os valores máximos não superaram o valor máximo permitido de 5 mg/L. O desvio padrão variou de 0,00 a 0,15, indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

A variável cloro residual livre apresentou valores médios, mínimos e máximos abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L). A falta de cloro na água de consumo humano pode resultar no aumento de doenças relacionadas com a ingestão de água contaminada.

Em todos os anos analisados os valores médios, assim como os valores mínimos observados ficaram abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente (0,2 mg/L).

A quantidade insuficiente de cloro residual livres nestes locais pode ser justificada pelos baixos níveis de cloro observados nas saídas das soluções alternativas coletivas ou pela ineficiente limpeza de reservatório de água, caso estas amostras tenham sido coletadas após a reservação de água. Além disso, essa ineficiência pode ser explicada pela falta de uso de cloro nesses sistemas. A falta de cloro na água destinada ao consumo humano pode aumentar o número de resultados positivos para coliformes totais e *Escherichia Coli* presentes na água, resultando em um maior risco de doenças relacionadas com a ingestão de água contaminada.

A variável turbidez apresentou um número de amostras analisadas variando entre 03 e 166, totalizando 724 coletas entre 2018 e 2023, indicando novamente que o ano de 2018 teve um volume de dados bem abaixo do que os demais anos do período analisado. O valor médio para a turbidez oscilou entre 0,83 uT em 2020 e 1,78 uT em 2018, permanecendo abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente (5 uT). Em todos os anos os valores mínimos ficaram abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente de 5 uT, enquanto que apenas nos anos de 2018 e 2022 os valores máximos ficaram abaixo do valor máximo permitido de 5 uT. O desvio padrão variou entre 0,68 e 1,01 indicando uma maior dispersão dos dados em torno da média.

A variável turbidez apresentou valores máximos de turbidez acima do valor máximo permitido de 5 uT. A turbidez elevada juntamente com os baixos níveis de cloro observados no interior dos domicílios pode afetar a saúde e comprometer o bem-estar da população com aumento de doenças relacionadas com água contaminada.

Também na Tabela 12 foi observado que em todos os anos analisados, a variável cloro residual livre apresentou IFQ abaixo de 3,55%. Estes valores indicam uma péssima qualidade físico-química da água, tendo como referências o cloro residual livre.

Os valores muito baixos de IB para a variável cloro residual livre no interior dos domicílios, indica a necessidade adoção de medidas de desinfecção da água de consumo humano. Caso contrário, a água poderá oferecer risco de contaminação microbiológica e consequentemente transmitir doenças, como cólera, diarreia e giardíase.

Quanto a variável turbidez, obteve-se valores bem mais favoráveis para o IFQ, ficando acima de 99% em todos os anos analisados. Estes valores indicam uma boa qualidade físico-química da água, tendo como referências a turbidez.

A variável turbidez apresentou valores de IFQ bem mais favoráveis, porém alguns valores observados ficaram abaixo de 100%.

A água com turbidez elevada pode representar risco à saúde humana, pois as partículas em suspensão na água podem proteger microrganismos patogênicos da ação desinfetante do cloro, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água.

Nos pontos intradomiciliares/intra prediais das soluções alternativas coletivas (SAC) foram coletadas 747 amostras entre os anos de 2018 a 2023. A Tabela 13 apresenta o índice bacteriológico IB calculado para a variável Coliformes totais que teve 744 amostras analisadas e para a variável *E. Coli*. com 743 amostras analisadas.

Tabela 13 – Coliformes totais e *E. Coli* nos pontos intradomiciliares/intraprediais

	ANO	N	IB (%)
Coliformes totais			
	2018	04	25,00
	2019	118	37,29
	2020	149	50,34
	2021	171	58,48
	2022	150	52,67
	2023	152	48,68
<i>E. Coli</i>			
	2018	04	50,00

2019	117	76,92
2020	150	79,33
2021	170	85,88
2022	150	86,67
2023	152	84,87

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 13 foi observado que, a variável coliformes totais, apresentou IB entre 25% e 58,48%. Estes valores indicam uma má qualidade bacteriológica da água, tendo como referências a variável coliformes.

Os valores muito baixos de IB obtidos para a variável coliformes totais podem ser explicados pela deficiência de cloração observados nestes pontos de coleta.

Considerando que o Anexo 1 da legislação de potabilidade admite apenas uma amostra mensal positiva para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem menos de 20.000 habitantes ou, no máximo, 5% de amostra mensais positivas para coliformes totais na rede de distribuição para sistemas que abastecem a partir de 20.000 habitantes, os baixos valores de IB obtidos para a variável coliformes totais abaixo de 100% são preocupantes, pois mostra que houve inconformidades no período analisado.

A presença de coliformes totais na água de consumo humano pode indicar um risco elevado de contaminação por outros microrganismos prejudiciais à saúde humana.

Quanto a variável *E. Coli*, os valores de IB variaram entre 50% no ano de 2018 e 86,67% no ano de 2022. Estes valores indicam uma razoável qualidade físico-química da água, tendo como referências a variável *E. Coli*.

Todos os valores de IB para *E. Coli* ficaram abaixo de 100%, desrespeitando a legislação de potabilidade que não permite a presença de *E. Coli* na água de consumo humano nos pontos de consumo.

A presença de *Escherichia Coli* na água potável indica contaminação por material fecal. O consumo de água contaminada pode causar sérias infecções intestinais, produzindo sintomas como vômitos, diarreias e dores abdominais.

5.4 Painéis gerados

O produto final deste trabalho deu origem a sete painéis dinâmicos, cujo objetivo é melhorar o processo de tomada de decisão, tanto no nível estratégico quanto operacional.

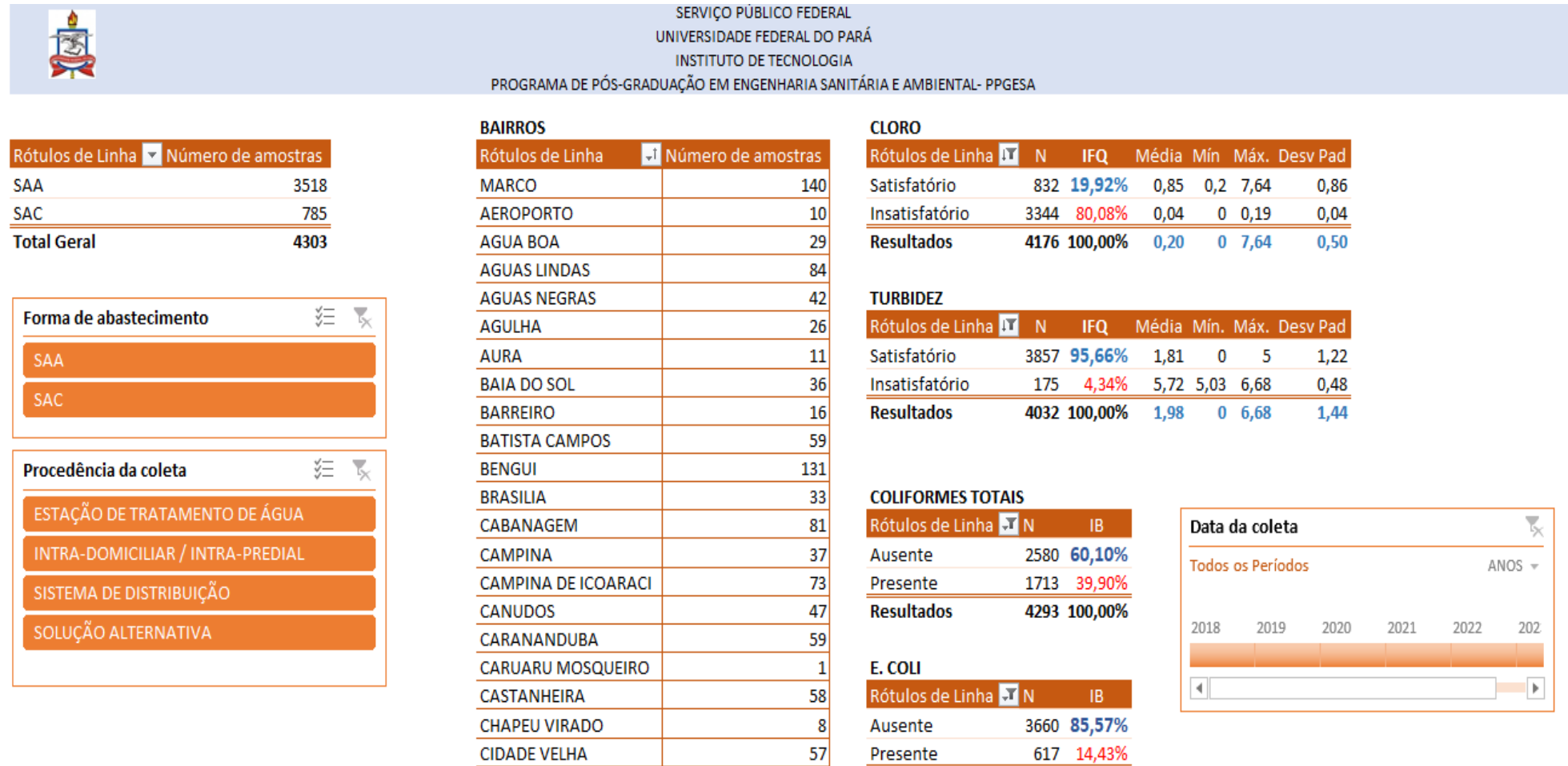
Os painéis gerados foram: painel descritivo, painel temporal de cloro residual livre, painel temporal de turbidez, painel de média de cloro residual livre, painel média de turbidez, painel de Coliformes Totais e painel de *E. Coli*.

5.4.1 Painel descritivo

No painel descritivo, mostrado na Figura 17, utilizou-se a estatística descritiva para se obter um resumo geral dos dados, bem como apresentar uma outra forma de interpretar melhor os dados resultantes das análises de água.

Este painel é composto por uma tabela dinâmica contendo o número de amostras de SAA e SAC analisadas, um componente de segmentação de dados onde o usuário poderá selecionar os dados referentes aos SAA ou SAC, um componente de segmentação de dados onde o usuário poderá selecionar os dados referentes as estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição (rede) e solução alternativa, uma tabela dinâmica com o número de amostras coletadas por bairro, uma tabela dinâmica com análises estatísticas para a variável cloro residual livre, uma tabela dinâmica com análises estatísticas para a variável cloro residual livre, uma tabela dinâmica com análises estatísticas para a variável turbidez, uma tabela dinâmica com análises estatísticas para a variável coliformes totais, uma tabela dinâmica com análises estatísticas para a variável *E. Coli* e um componente linha do tempo, onde o usuário poderá escolher o ano a ser analisado.

Figura 17 – Painel descritivo



Fonte: Autor (2024).

A Figura 17 mostra o número de amostras em cada uma das formas de abastecimento, totalizando 4303 amostras. O número de amostras por bairro demonstra que os bairros do Marco, Benguí, Coqueiro e Guamá foram os que tiveram um maior número de coletas dentro do período analisado. Os resultados para cloro livre residual foram considerados satisfatórios em aproximadamente 20% das amostras, com um valor médio de 0,85 mg/L e para a turbidez, aproximadamente 96% das amostras, com valor médio de 1,81 uT. Para a variável Coliformes totais, o resultado foi ausência em aproximadamente 60% das amostras e para *E.coli*, o resultado foi ausência em aproximadamente 85% das amostras.

5.4.2 Painel temporal de cloro residual livre

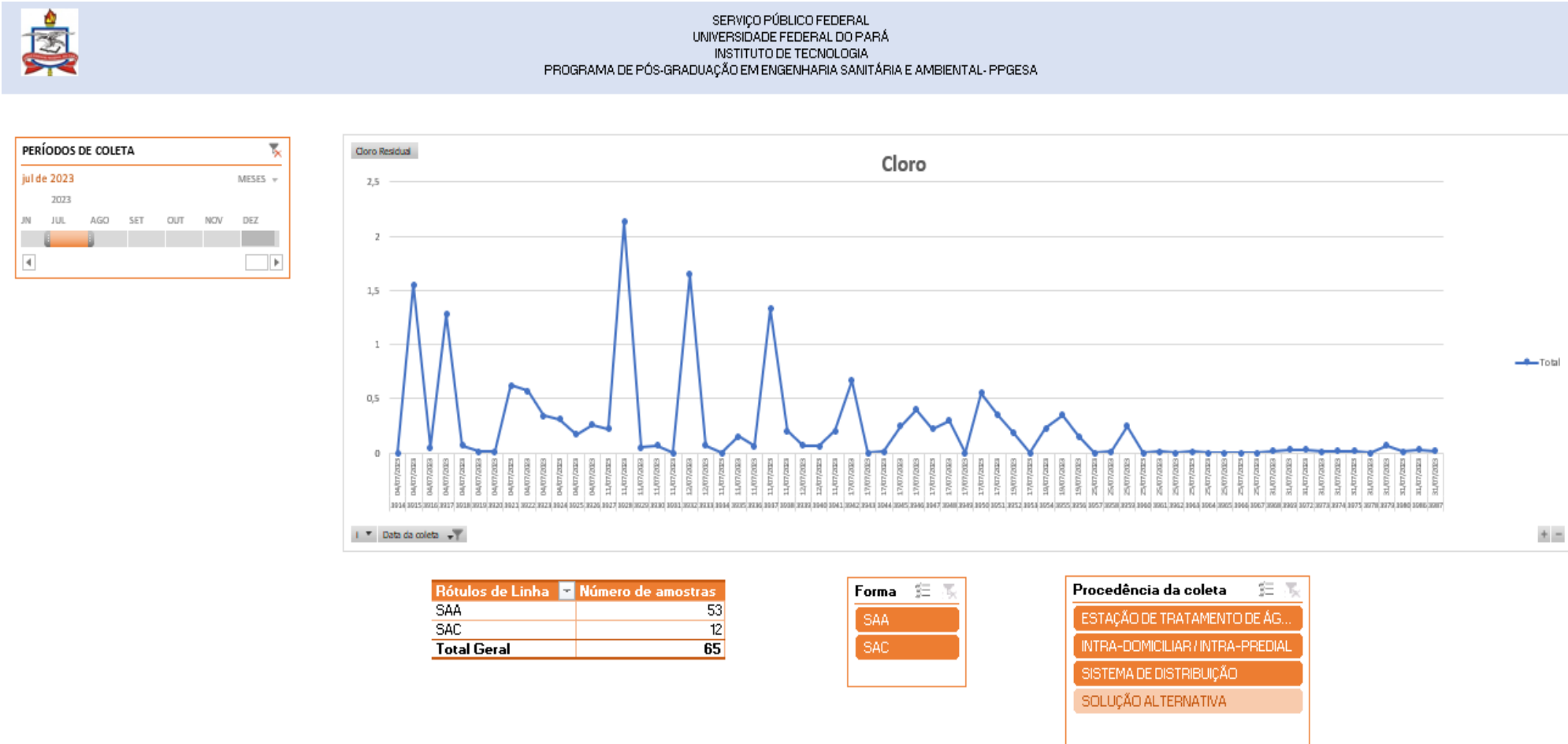
O painel temporal de cloro residual livre apresenta graficamente as leituras dos níveis de cloro residual livre analisados ao longo do mês selecionado. Neste painel é apresentado um gráfico com a leitura mensal da variável cloro residual livre, cujo mês apresentado no gráfico é selecionado a partir do componente linha do tempo “Período de coleta”.

A segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

O painel contém ainda uma tabela dinâmicas contendo o somatório de coletas para cada forma de abastecimento dentro do período analisado, ou seja, de 2018 a 2023.

Com o objetivo de exemplificar, a Figura 18 mostra o conjunto de dados para o mês de julho do ano de 2023.

Figura 18 – Painel temporal de cloro residual livre para o mês de julho de 2023



Fonte: Autor (2024).

A Figura 18 mostra que no mês de julho de 2023, foram coletadas 65 amostras considerando as duas formas de abastecimento SAA e SAC. Com base no valor mínimo permitido pela legislação, verificou-se que um número significativo de amostras não atingiu o valor mínimo permitido.

5.4.3 Painel temporal de turbidez

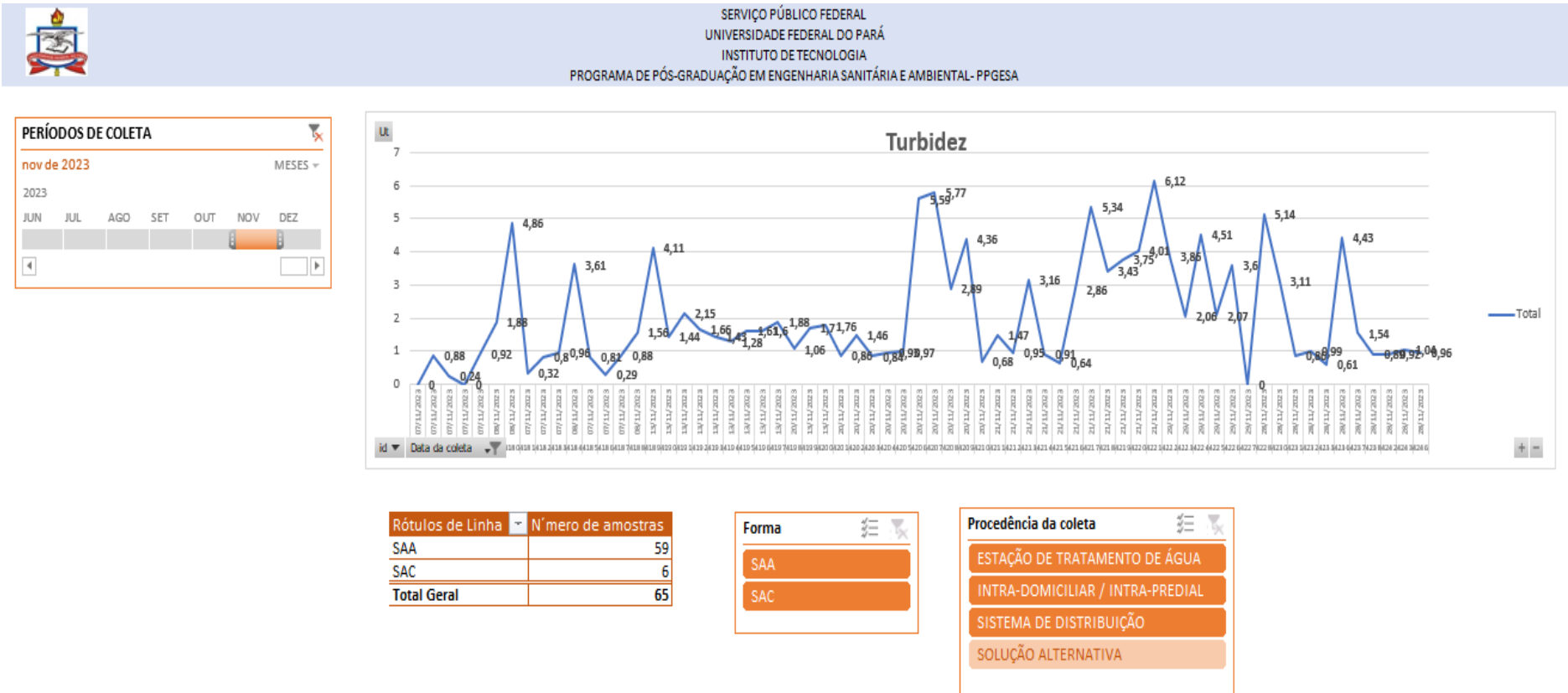
O Painel temporal de turbidez apresenta graficamente as leituras dos níveis de turbidez analisados ao longo do mês selecionado. Neste painel é apresentado um gráfico com a leitura mensal da variável turbidez, cujo mês apresentado no gráfico é selecionado a partir do componente linha do tempo “Período de coleta”.

A segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

O painel contém ainda uma tabela dinâmica o somatório de coletas para cada forma de abastecimento dentro do período analisado, ou seja, de 2018 a 2023.

Com o objetivo de exemplificar, a Figura 19 mostra o conjunto de dados para o mês de novembro do ano de 2023.

Figura 19 – Painel de turbidez para o mês de novembro de 2023



Fonte: Autor (2024).

A Figura 19 mostra que no mês de novembro de 2023, foram coletadas 65 amostras considerando as duas formas de abastecimento SAA e SAC. Considerando os critérios de potabilidade previstos na legislação, apenas cinco amostras estão com valores acima do valor máximo esperado para a turbidez.

5.4.4 Painel anual da média de cloro residual livre

O painel de média de cloro residual livre, Figura 20, apresenta 05 (cinco) gráficos anuais, cujas colunas representam a média mensal da variável cloro residual livre.

Neste painel a segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

Figura 20 – Painel anual da média de cloro residual livre



Fonte: Autor (2024).

A Figura 20 mostra que, ao analisar os valores médios mensais de cloro residual livre, agosto e setembro são os meses que apresentam médias de cloro residual livre dentro da faixa permitida pela legislação em todos os anos, com exceção de 2019. Observa-se que no ano de 2018, em todos os meses verificados, há conformidade com a legislação.

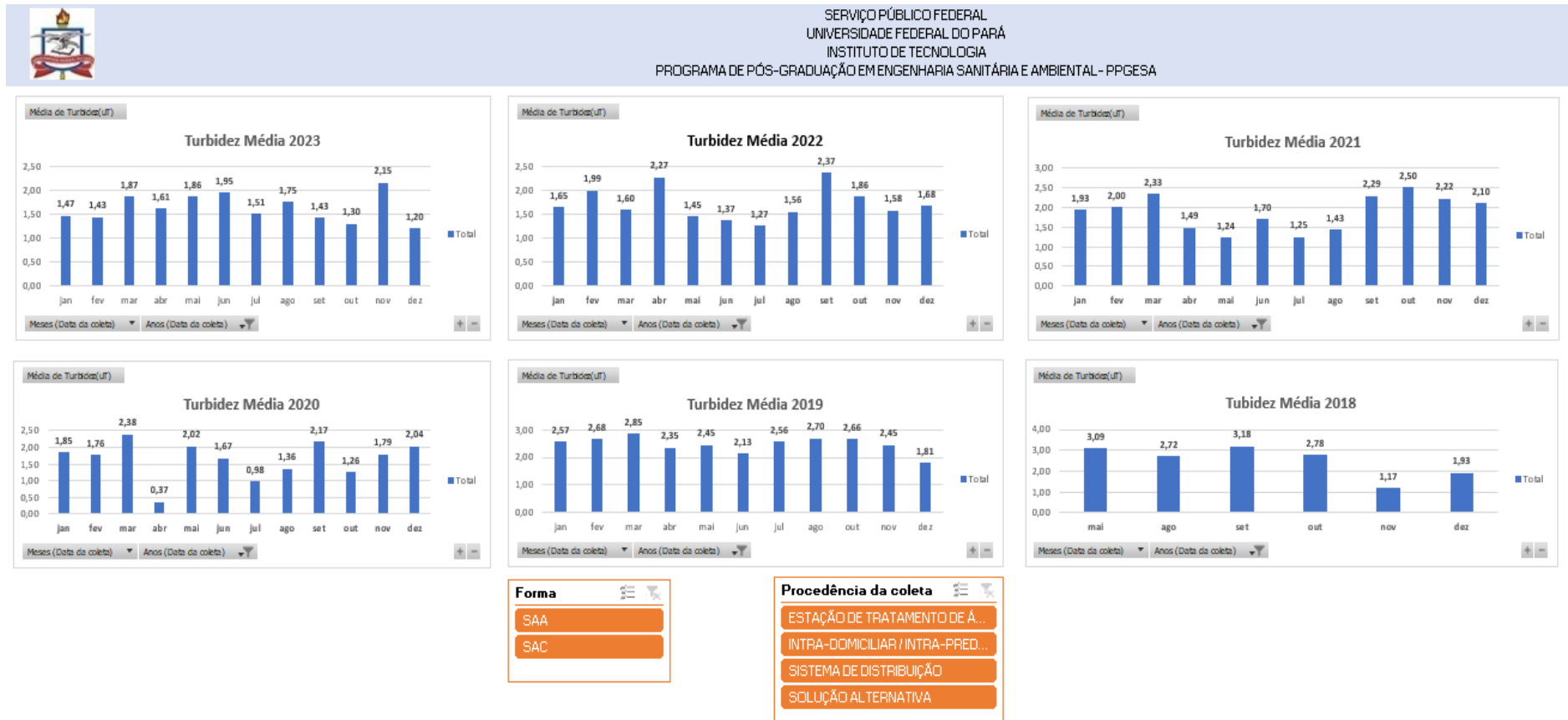
Em todos os anos, pelo menos 40% das médias, estão abaixo do valor mínimo permitido pela legislação, com exceção de 2018. Os anos de 2019 e 2020 são os que mais apresentam discrepâncias em torno da média. Com exceção de 2018, no geral, observa-se que as médias são mais baixas para os primeiros meses do ano e no geral, os melhores resultados para a média estão no segundo semestre, em todos os anos.

5.4.5 Painel anual de média de turbidez

O painel anual da média de turbidez, Figura 21, apresenta 05 (cinco) gráficos anuais, cujas colunas representam a média mensal da variável turbidez.

Neste painel a segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

Figura 21 – Painel média de turbidez



Fonte: Autor (2024).

A Figura 21 mostra que, ao analisar os valores médios mensais de turbidez, em todos os anos as médias estão abaixo do valor máximo permitido, portanto estão em conformidade com a legislação vigente.

Com exceção de 2018, não foram encontradas médias acima de 3 uT. Metade do ano de 2021 e em quase todos os meses de 2019, as médias estão acima de 2 uT. Os anos de 2022 e 2023 são os anos que mais apresentam médias abaixo de 2 uT.

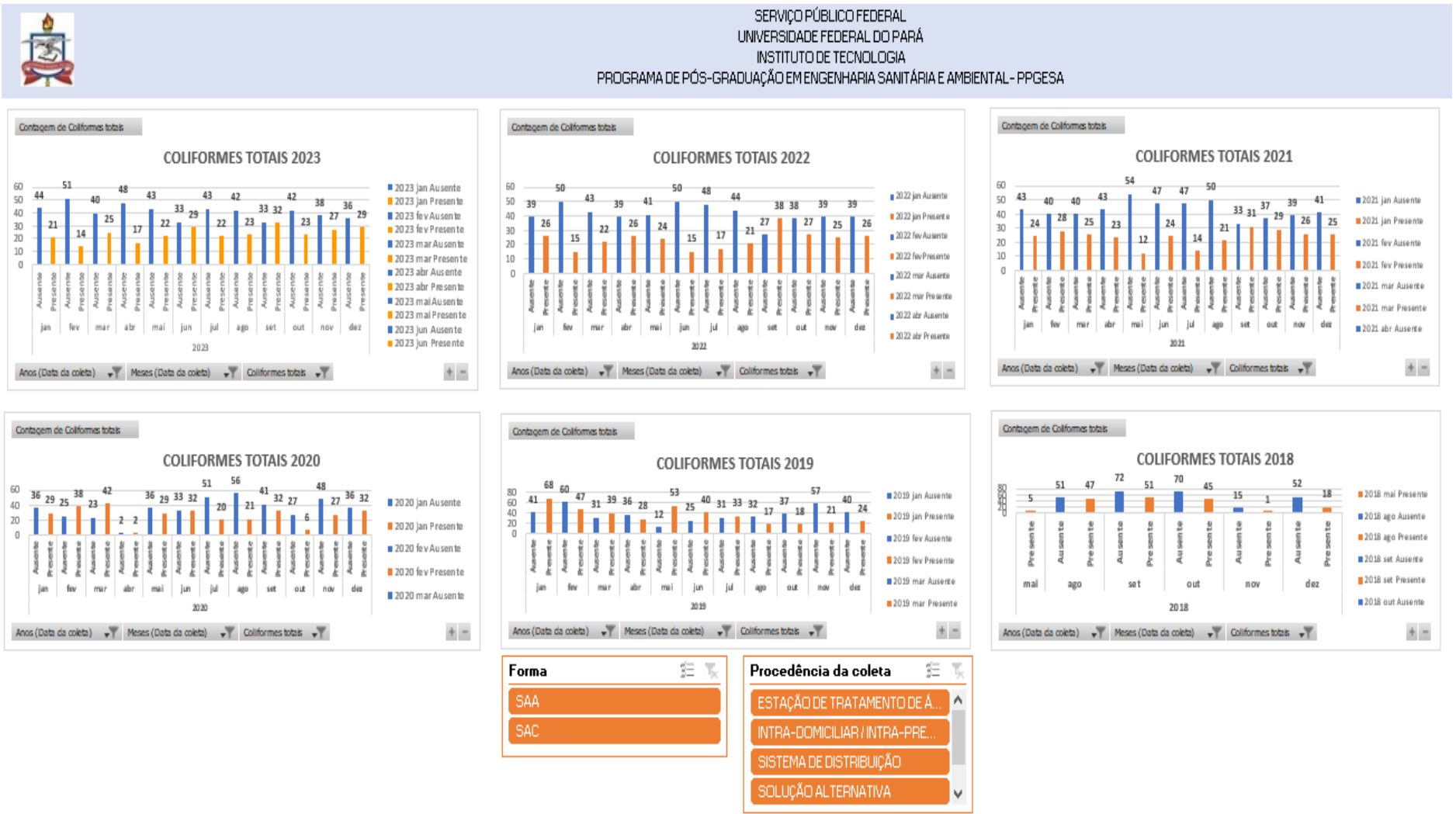
O ano de 2020 é o ano em que há maior discrepância em torno da média.

5.4.6 Painel de coliformes totais

O painel de coliformes totais, Figura 22, apresenta 05 (cinco) gráficos anuais, cujas colunas de cor azul representam o total de análises mensais que resultaram na ausência da variável coliformes totais e as colunas de cor laranja representam o total de análises mensais que resultaram na presença da variável coliformes totais.

Neste painel a segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

Figura 22 – Painel de coliformes totais



Fonte: Autor (2024).

Em se tratando da variável coliformes totais, o resultado ideal seria ausência, mas o que se observa é que todos os meses apresentaram a presença de coliformes totais. No geral, os resultados de presença correspondem a pelo menos 50% dos resultados de ausência. Em alguns casos, o resultado de presença corresponde a 90% dos resultados de ausência.

No ano de 2019, em pelo menos 40% dos meses os resultados de presença foram maiores que os de ausência. No ano de 2020, em pelo menos 15% dos meses os resultados de presença foram maiores que os de ausência.

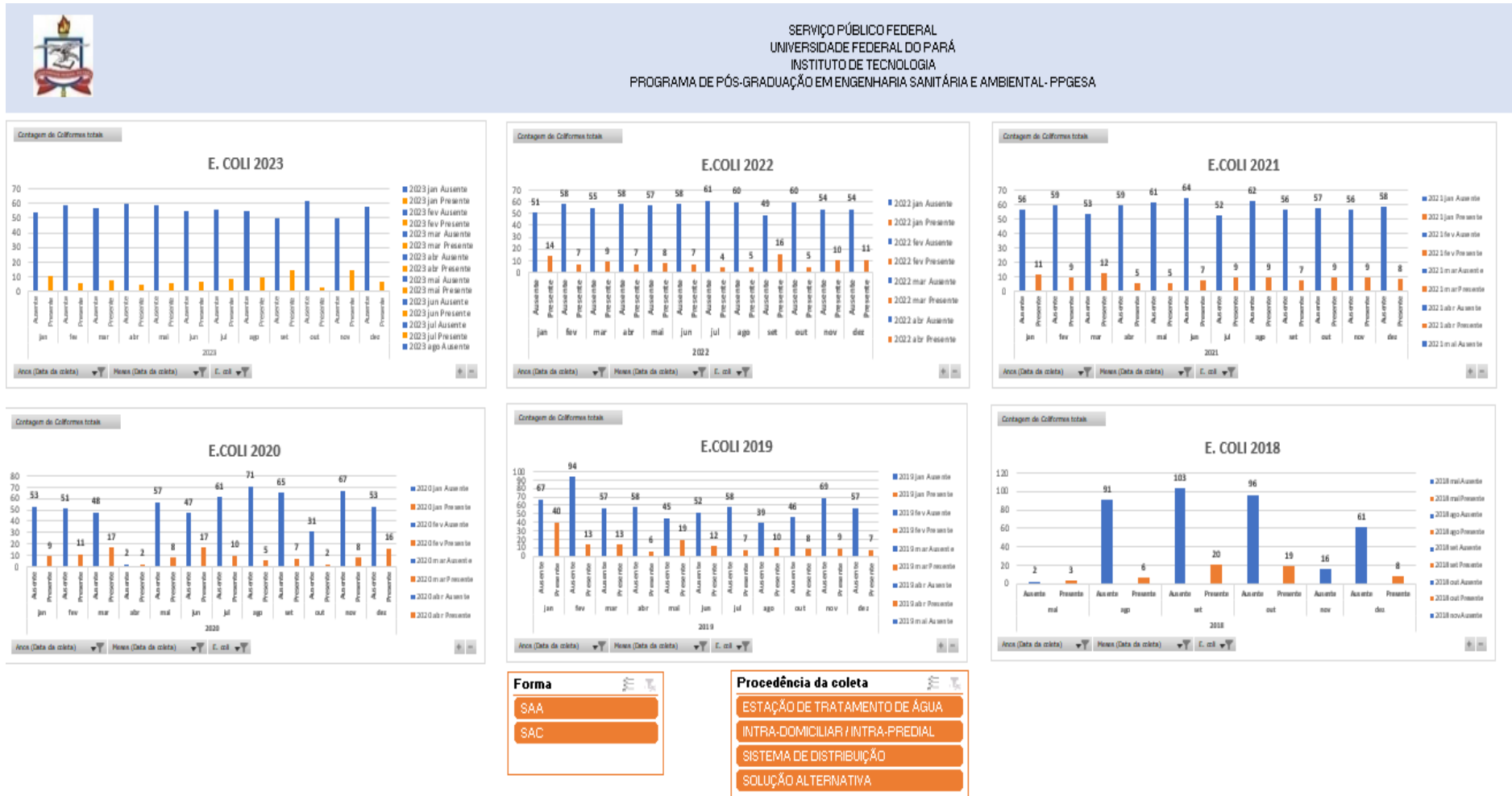
O mês de maio de 2018 foi o mês mais crítico, pois não houve resultado de ausência, em todas as 5 amostras foi detectada a presença de coliformes totais.

5.4.7 Painel de *E. Coli*

O painel de *E. Coli*, Figura 23 apresenta 05 (cinco) gráficos anuais, cujas colunas de cor azul representam o total de análises mensais que resultaram na ausência da variável *E. Coli* e as colunas de cor laranja representam o total de análises mensais que resultaram na presença da variável *E. Coli*.

Neste painel a segmentação de dados “Forma” permite analisar as formas SAA e SAC em conjunto ou separadamente, enquanto a segmentação de dados “Procedência da coleta” permite analisar todas as coletas em conjunto ou separadas por suas respectivas procedências (estações de tratamento de água, intradomiciliar/intrapredial, sistemas de distribuição e solução alternativa).

Figura 23 – Painel de *E. Coli*



Fonte: Autor (2024).

Em se tratando da variável *E. Coli*, o resultado ideal seria ausência, mas o que se observa é que com exceção do mês de novembro de 2018, todos os meses apresentaram presença de *E. Coli*.

Em 2020, 2021 e 2022, a maioria dos meses estão com presença abaixo de 20% em relação à ausência.

A presença de *E. coli* na água destinada ao consumo indica contaminação fecal e representa risco significativo à saúde humana, evidenciando que a água não está em conformidade com o padrão sanitário exigido pela legislação de potabilidade vigente.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou desenvolver uma ferramenta estratégica e interativa para o monitoramento da água de consumo humano no Município de Belém/PA, utilizando dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA). Para alcançar este objetivo, foram definidos objetivos específicos que guiaram a extração dos dados, análise exploratória dos dados relativos ao cloro residual livre, turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli*, e a criação de *dashboards* interativos que compararam os dados obtidos com os critérios vigentes de potabilidade.

- A ferramenta desenvolvida demonstrou ser eficiente para consolidar e apresentar os dados de forma clara e intuitiva, permitindo uma melhor visualização das informações críticas para a gestão da qualidade da água;
- Os dashboards gerados mostraram-se fundamentais para a identificar rapidamente as inconformidades nos parâmetros de qualidade da água, auxiliando na tomada de decisões por parte da Vigilância Sanitária e Ambiental do município de Belém/PA;
- A implementação da ferramenta proposta permitiu não apenas um monitoramento mais eficiente, mas também oferecer uma base sólida para intervenções imediatas que visam proteger a saúde da população.

Dentro do objetivo proposto, conclui-se que o produto final deste estudo contribuiu significativamente para a melhoria do processo de monitoramento da água de consumo humano em Belém/PA, evidenciando a importância de ferramentas interativas e dinâmicas na gestão da saúde pública, especialmente no contexto de vigilância da qualidade da água de consumo humano.

7 SUGESTÕES

Para trabalhos futuros, fica como sugestão ampliar a área de estudo, incluindo substâncias que representam riscos à saúde humana, como substâncias químicas inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos e subprodutos da desinfecção. Além disso, seria interessante utilizar um software mais específico e com mais recursos para criar *dashboards*, como o Microsoft Power BI. Outra sugestão seria desenvolver mecanismos que permitam a transferência direta de dados do SISAGUA para o *dashboard*, garantindo atualizações automáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Mateus Higo Daves *et al.* Saneamento e qualidade da água de consumo: Comunidade do Segredinho, Amazônia, Pará. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 2, p. 100-110, 2021.
- ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. Atlas, 10ª edição 2010.
- ARAUJO, Luisa Fernandes de *et al.* Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 2935-2947, 2022.
- BOMBARDA, Augusto Leal; DOS SANTOS, Guilherme Dutra; OLIVEIRA, Samuel da Cunha. Desenvolvimento de um dashboard numa indústria do laboratório de Gestão Organizacional Simulada. **Revista Lagos**, v. 11, p. 28-32, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212p.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília, DF, 2019.
- DA COSTA, Karen Albuquerque Dias *et al.* Avaliação da qualidade das Águas da Baía do Guajará para consumo humano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 150-159, 2020.
- DA SILVA, Caroline Rodrigues *et al.* Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesianos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 40, n. 2, p. 129-140, 2019.
- FERNANDES, Anita Maria da Rocha *et al.* A Relevância dos Dashboards para a Gestão da Saúde na Pandemia Causada pelo COVID-19. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, p. 39263-39274, jun. 2020.
- FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. *Saúde em Debate*, v. 43, p. 20-34, 2020.

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, DF, 5ed, 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

LIBÓRIO, Daisy; TERRA, Lucimara. Metodologia científica. **Editora Laureate International Universities**, 2015.

LIMA, Diego Lanza *et al.* Revisão bibliométrica sobre turbidez e sólidos suspensos por sensoriamento remoto. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 107-116, 2019.

MAYER, Juliana de Souza Lima. Diagnóstico de soluções alternativas coletivas de abastecimento de água em comunidades rurais. 2022.

MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues *et al.* A Sustentabilidade do sistema de abastecimento de água: da captação ao consumo de água em Belém. 2018.

OLIVEIRA, Aristeu de et al. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 28, 2019.

PEREIRA, Sansara Félix; TINÔCO, Juliana Delgado. Avaliação das perdas de água em sistema de abastecimento de água: estudo no setor parque das nações, Parnamirim/RN. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 32-45, 2021.

PEREIRA, Mayelle Gonçalves *et al.* Qualidade da Água para Consumo Humano e Doenças Diarreicas Agudas No Estado Do Tocantins. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 273, 2021.

QUARESMA, Arley Martins; SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Análise multicritério para determinação do isolamento geográfico em ilhas do município de Belém-Pa. **Revista GeoAmazônia**, v. 8, n. 15-16, p. 50-78, 2020.

RODRIGUES, Maira Ferreira da Silva; SCALIZE, Paulo Sérgio. Decaimento de cloro residual livre em águas distribuídas em redes de abastecimento. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 16366-16375, 2019.

RONCALLI, Angelo Giuseppe *et al.* Fluoretação da água no Brasil: distribuição regional e acurácia das informações sobre vigilância em municípios com mais de 50 mil habitantes. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, 2019.

SANTOS, Ronyelly Diniz Correia dos. **Power BI: a experiência de implantação em um escritório de contabilidade**. 2018.

SANTOS, Caroline Emiliano; MEDEIROS, Raphael Correa; MANCUSO, Malva Andrea. Água subterrânea dos poços da área rural de Frederico Westphalen-RS: Qualidade, aspectos ambientais e conformidade Legal. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 330-340, 2020.

SOUZA, Arllen Augusto Gomes; NYLANDER, João Diego Alvarez; PEREIRA, José Almir Rodrigues. Análise da sustentabilidade da prestação dos serviços do sistema de abastecimento de água no município de Belém-Pa. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 10, n. 21, p. 95-114, 2021.

TABORDA, Mirian; TESSELE, Vinicius. Aplicação de dashboard para análise de custos. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 3, n. 1, p. e3112332-e3112332, 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3ª edição. Escola Politécnica da USP. São Paulo 2006.

VALENTIM, Luís Sérgio Ozório *et al.* Água potável e resíduos de agrotóxicos no estado de São Paulo. **BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 16, n. 186, p. 43-53, 2019.

VIEIRA, Maurrem Ramon. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. **Agencia Nacional das Águas-ANA-2015**, 2019.

VILLAR, Pilar Carolina; Hirata, Ricardo. A interpretação dos tribunais frente ao artigo 45 da lei 11.445/2007 e a perfuração de poços como fontes alternativas de abastecimento de água. **Águas Subterrâneas**, 2018.

ANEXO A – TABELAS CONTENDO PADRÕES DE POTABILIDADE DE ACORDO COM O ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017.

ANEXO 1

TABELA DE PADRÃO BACTERIOLÓGICO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Formas de abastecimento		Parâmetro		VMP(1)
SAI		<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais(3)		Ausência em 100 mL
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais(4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

NOTAS:

- (1) Valor Máximo Permitido
- (2) Indicador de contaminação fecal
- (3) Indicador de eficiência de tratamento
- (4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).

ANEXO 2

TABELA DE PADRÃO DE TURBIDEZ PARA ÁGUA PÓS-DESINFECÇÃO (PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS) OU PÓS-FILTRAÇÃO.

Tratamento da água	VMP(1)	Número de amostras	Frequência
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT(2) em 95% das amostras. 1,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	A cada 2horas
Filtração em Membrana	0,1 uT(2) em 99% das amostras.	1	A cada 2horas
Filtração lenta	1,0 uT(2) em 95% das amostras. 2,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	Diária
Pós-desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT(2) em 95% das amostras. 5,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	Semanal

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido

(2) Unidade de Turbidez

ANEXO 9

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE.

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS INORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE			
Parâmetro	CAS(1)	Unidade	VMP(2)
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,006
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,003
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)(3)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)(3)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,04
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE			
Parâmetro	CAS(1)	Unidade	VMP(2)
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	5
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,4
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	0,5
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20
Dioxano	123-91-1	µg/L	48

Epícloridrina	106-89-8	µg/L	0,4
Etilbenzeno	100-41-4	µg/L	300
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroeteno	127-18-4	µg/L	40
Tolueno	108-88-3	µg/L	30
Tricloroeteno	79-01-6	µg/L	4
Xilenos	1330-20-7	µg/L	500
TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE			
Parâmetro	CAS(1)	Unidade	VMP(2)
2,4 D	94-75-7	µg/L	30
Alacloro	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbesulfona) 1646-87-3 (aldicarbesulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Ametrina	834-12-8	µg/L	60
Atrazina + S-Clorotriazinas (Deetil-Atrazina - Dea, Deisopropil-Atrazina - Dia e Diaminoclorotriazina - Dact)	1912-24-9 (Atrazina) 6190-65-4 (Deetil-Atrazina - Dea) 1007-28-9 (Deisopropil-Atrazina - Dia) 3397-62-4 (Diaminoclorotriazina - Dact)	µg/L	2,0
Carbendazim	10605-21-7	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Ciproconazol	94361-06-5	µg/L	30

Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorotalonil	1897-45-6	µg/L	45
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifósoxon)	µg/L	30,0
DDT+DDD+DDE	50-29-3 (p,p'-DDT) 72-54-8 (p,p'-DDD) 72-55-9 (p,p'-DDE)	µg/L	1
Difenoconazol	119446-68-3	µg/L	30
Dimetoato + ometoato	60-51-5 (Dimetoato) 1113-02-6 (Ometoato)	µg/L	1,2
Diuron	330-54-1	µg/L	20
Epoxiconazol	135319-73-2	µg/L	60
Fipronil	120068-37-3	µg/L	1,2
Flutriafol	76674-21-0	µg/L	30
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Hidroxi-Atrazina	2163-68-0	µg/L	120,0
Lindano (gama HCH)	58-89-9	µg/L	2
Malationa	121-75-5	µg/L	60
Mancozebe + ETU	8018-01-7 (Mancozebe) 96-45-7 (Ampa)	µg/L	8
Metamidofós + Acefato	10265-92-6 (Metamidofós) 30560-19-1 (Acefato)	µg/L	7
Metolacoloro	51218-45-2	µg/L	10
Metribuzim	21087-64-9	µg/L	25
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Paraquate	4685-14-7	µg/L	13
Picloram	1918-02-1	µg/L	60
Profenofós	41198-08-7	µg/L	0,3
Propargito	2312-35-8	µg/L	30
Protioconazol + ProticonazolD estio	178928-70-6 (Protioconazol) 120983-64-4 (ProticonazolDestio)	µg/L	3

Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Tiametoxam	153719-23-4	µg/L	36
Tiodicarbe	59669-26-0	µg/L	90
Tiram	137-26-8	µg/L	6
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20
TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE(4)			
Parâmetro	CAS(1)	Unidade	VMP(2)
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
2,4-diclorofenol	<u>120-83-2</u>	mg/L	0,2
Ácidos haloacéticos total(5)	-	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0,01
Cloraminas Total	-	mg/L	4
Clorato	7775-09-9	mg/L	0,7
Clorito	7758-19-2	mg/L	0,7
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
N-nitrosodimetilamina(7)	62-75-9	mg/L	0,0001
TrihalometanosTotal(6)	-	mg/L	0,1

NOTAS:

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract service.

(2) Valor Máximo Permitido

(3) A soma das razões das concentrações de nitrito e nitrato e seus respectivos VMPs, deve atender ao disposto no Art. 38.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado e oxidante utilizado para pré-oxidação.

(5) Ácidos haloacéticos: ácido monocloroacético - CAS = 79-11-8, ácido dicloroacético - CAS = 79-43-6, ácido tricloroacético - CAS = 76-03-9, ácido monobromoacético - CAS = 79-08-3, ácido dibromoacético - CAS = 631-64-1, ácido bromocloroacético - CAS = 5589-96-8, ácido

bromodichloroacético - CAS = 71133-14-7, ácido dibromocloroacético - CAS = 5278-95-5, ácido tribromoacético - CAS = 75-96-7.

(6) O monitoramento será obrigatório apenas onde se pratique a desinfecção por cloraminação.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) - CAS = 67-66-3, Bromodichlorometano (BDCM) - CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCm) - CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) - CAS = 75-25-2.

TABELA DE PADRÃO ORGALÉPTICO DE POTABILIDADE

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP(1)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,001
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,0003
Dureza total		mg/L	300
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,02
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	500
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,05
Turbidez (3)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5

NOTAS:

- (1) Valor Máximo Permitido
- (2) Unidade de Hazen (mgPt-Co/L)
- (3) Unidade de Turbidez