



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CASSERENGUE/PB**

GEOVANNA SANTOS OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE – PB

2021

GEOVANNA SANTOS OLIVEIRA

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CASSERENGUE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos

Orientadora: Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa

CAMPINA GRANDE – PB

2021

GEOVANNA SANTOS OLIVEIRA

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CASSERENGUE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa
Universidade Federal de Campina Grande
Presidente/Orientadora

Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora interna

Me. Barbara Barbosa Tsuyuguchi
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora externa

A Deus, o autor e consumidor da minha fé, minha fortaleza, fonte de amor e vida...

Dedico.

*Toda boa dádiva e todo dom perfeito são lá do alto, descendo do Pai das luzes, em quem não
pode existir variação ou sombra de mudança.*

Tiago 1:17

AGRADECIMENTOS

A Deus que me sustenta em sua infinita graça, a razão de conseguir chegar até aqui e a quem eu devo tudo que sou e o que um dia vier a ser.

Ao meu pai, Paulo, que sempre acreditou em mim e nunca mediu esforços para me dar um futuro digno. À minha mãe, Adriana, por todo o empenho e dedicação. À minha irmã, Paula, por seu companheirismo e amizade. Ao meu irmão Gabriel por todo o apoio. Vocês são minha base. Minhas conquistas são de vocês também!

Ao meu namorado, Marley, meu companheiro e amigo, que sempre está ao meu lado, por todo incentivo e apoio, com tanto carinho e amor.

Aos meus familiares, avós, tios e primos.

Aos meus amigos da universidade, Gabriele, Mateus, Luma, Teresa, Milena e Hamilton, vocês tornaram essa jornada muito mais simples e leve.

À professora Dayse Luna, por ter aceitado ser minha orientadora. És uma referência pessoal e profissional. Muito obrigada por sua paciência e por todo o suporte tanto no desenvolvimento do TCC, como em toda a graduação.

A todos os professores da UAEC, pelas contribuições e conhecimentos transmitidos ao longo dos cinco anos de graduação, em especial ao professor Janiro, pela orientação e por toda a experiência compartilhada.

À professora Andréa e a Bárbara por terem aceitado o convite para serem examinadoras deste trabalho, suas contribuições sempre serão de grande valia para mim.

Às preciosas amigas que Deus colocou em meu caminho: minhas amigas de infância, Renally e Fernanda por sempre estarem presentes em minha vida, mesmo que não fisicamente, e a todos os amigos da igreja que tornam a vida muito mais alegre.

Todos aqueles que fizeram parte da minha vida e contribuíram para esta caminhada, minha eterna gratidão!

RESUMO

O Sistema de Abastecimento de Água é um dos componentes do saneamento básico, portanto é um direito assegurado pela Constituição Federal. Esse serviço pode ser definido como um conjunto de sistemas operacionais, infraestrutura e instalações restritas a sistemas de abastecimento de água potável, que envolvem elementos desde a captação de água dos mananciais às ligações prediais. Nesse contexto, a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB é um importante instrumento de planejamento, auxiliando na gestão das atividades relacionadas ao saneamento. Uma etapa fundamental na construção deste, é a elaboração de um diagnóstico situacional da prestação de serviços, identificando as principais deficiências, de forma que nas etapas posteriores, seja elaborado um plano composto por programas e projetos que visem sanar as principais necessidades. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é apresentado como uma importante base de informações para auxiliar na elaboração do diagnóstico. Nesse sentido, este trabalho visou caracterizar o atual sistema de abastecimento de água do município de Casserengue/PB, que compõe o TED 03/2019 entre a FUNASA e UFCG para elaboração do PMSB de 50 municípios do estado da Paraíba. Para isso, foram utilizados indicadores presentes no SNIS. Na metodologia também foi realizada a projeção populacional e cálculo de demandas futuras. Após a análise dos indicadores, foi possível identificar as principais deficiências, estando essas relacionadas ao atendimento do sistema, baixos índices de hidrometração, significativo índice de perdas, baixo faturamento pelo prestador, submedição de consumo e baixa capacidade de reservação. Por conseguinte, elaborou-se um plano de ação utilizando ferramentas de qualidade: O método 5W1H e a matriz de prioridades GUT que detalhou os pontos de atuação necessários para correção dos déficits. Os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para elaboração do PMSB, auxiliando na gestão dos serviços de abastecimento de água potável no município.

Palavras-chave: Sistema de Abastecimento de Água; SNIS; Indicadores de desempenho; 5W1H; Matriz GUT.

ABSTRACT

The Water Supply System is one of the components of basic sanitation, therefore it is a right guaranteed by the Federal Constitution. This service can be defined as a set of operating systems, infrastructure and facilities restricted to drinking water supply systems, which involve elements ranging from the abstraction of water from springs to building connections. In this context, the elaboration of the Municipal Basic Sanitation Plan - PMSB is an important planning tool, assisting in the management of activities related to sanitation. A fundamental step in the construction of this is the elaboration of a situational diagnosis of the provision of services, identifying the main deficiencies, so that in the later stages, a plan composed of programs and projects that aim to address the main needs is drawn up. The National Sanitation Information System (SNIS) is presented as an important information base to assist in the elaboration of the diagnosis. In this sense, the current work aimed to characterize the current supply system in the municipality of Casserengue / PB, which makes up the TED 03/2019 between FUNASA and UFCG for the elaboration of the PMSB of 50 municipalities in the state of Paraíba. For this, indicators present in the SNIS were used. In the methodology, population projection and calculation of future demands were also carried out. After the analysis of the indicators, it was possible to identify the main deficiencies, which are related to the service of the system, low rates of hydrometering, significant rate of losses, low billing by the provider, under-measurement of consumption and low reserve capacity. Therefore, an action plan was elaborated using quality tools: The 5W1H method and the GUT priority matrix that detailed the necessary points of action to correct the deficits. The results obtained in this work can be used as a subsidy for the elaboration of the PMSB, assisting in the management of drinking water supply services in the municipality.

Key words: Water supply system; SNIS; Performance indicators; 5W1H; GUT matrix.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equações utilizadas para o cálculo dos indicadores.....	33
Tabela 2 - Parâmetros de Referência para análise do IN049.....	35
Tabela 3 - Parâmetros de Referência para análise do IN051.....	36
Tabela 4 - Municípios selecionados para análise comparativa do serviço de abastecimento prestado.....	37
Tabela 5 - Classificação da matriz GUT	40
Tabela 6 - Prazo para implantação das ações considerando os resultados da Matriz GUT	41
Tabela 7 – Índices de consumo per capita por faixa de população	52
Tabela 8 - Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Casserengue	67
Tabela 9 – Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Arara	68
Tabela 10 - Projeção de demandas para os municípios de Casserengue e Arara	69
Tabela 11 - Projeção de Demandas para a zona urbana do município de Casserengue	70
Tabela 12 - Tabela GUT para o Plano de Ação Proposto	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de soluções alternativas para cada componente dos sistemas.....	28
Quadro 2 - Lista de indicadores analisados	32
Quadro 3 - Métodos para projeção populacional, suas respectivas equações e coeficientes. ...	37
Quadro 4 - Método 5W1H.....	39
Quadro 5 - Conceito dos critérios avaliativos da Matriz GUT	39
Quadro 6 - Problemas e soluções apontadas para o SAA de Casserengue.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Panorama dos tipos de mananciais de abastecimento no estado da Paraíba.....	22
Figura 2 - Fluxograma metodológico	32
Figura 3 - Localização do município	42
Figura 4 - Hidrografia do município	44
Figura 5 - Sistema de Abastecimento de Água existente no município de Casserengue	42
Figura 6 - Sistemas de Abastecimento em Casserengue/PB	43
Figura 7 - Imagem de Satélite da Barragem Nova Camará, localizada no município de Alagoa Nova	44
Figura 8 - Índice de atendimento total de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019).....	45
Figura 9 - Índice de atendimento urbano de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019).....	46
Figura 10 - Comparação de índices de perdas na distribuição para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019).....	47
Figura 11 - Comparação de índices de perdas por ligação para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)	48
Figura 12 - Comparação de índices de perdas faturamento para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)	48
Figura 13 - Comparação de índices bruto de perdas lineares para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)	49
Figura 14 - Índice de consumo de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019).....	50
Figura 15 - Série histórica do consumo médio per capita, entre 2003 e 2019, do município de Casserengue.....	51
Figura 16 – Consumo médio per capita ao longo dos anos de 2016 – 2019 para Casserengue, Caiçara e Tacima.	51
Figura 17 - Índice de hidrometração para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019).....	52
Figura 18 - Comparação de índices micromedição relativo ao consumo e ao volume disponibilizado (2016 - 2019).....	53
Figura 19 - Comparação do volume de água micromedido e volume de água faturado para o município de Casserengue entre os anos de 2016 e 2019.....	54

Figura 20 - Índice de faturamento de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019).....	55
Figura 21 – Participação das economias residenciais de água no total das economias de água para os municípios Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019).....	56
Figura 22 - Consumo médio de água por economia para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	57
Figura 23 - Volume de água disponibilizado por economia para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	57
Figura 24 - Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	58
Figura 25 - Incidência das análises de cloro residual fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	59
Figura 26 - Incidência das análises de turbidez fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	60
Figura 27 - Incidência das análises de turbidez fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	60
Figura 28 – Conformidade da quantidade de amostras (cloro residual) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	61
Figura 29 - Conformidade da quantidade de amostras (turbidez) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	62
Figura 30 - Conformidade da quantidade de amostras (coliformes totais) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)	62
Figura 31 - Índice de produtividade para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	63
Figura 32 - Evolução da tarifa média de água e a despesa total média por m ³ (R\$/m ³) em Casserengue para o período de 2016 - 2019.....	64
Figura 33 - Índice de evasão de receitas para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	65
Figura 34 - Índice de suficiência de caixa para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)	66
Figura 35 – Projeção da população urbana de Casserengue para os próximos 20 anos.....	66

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
ARPB	Agência de Regulação do Estado da Paraíba
ASA	Articulação do Semiárido Brasileiro
BNH	Banco Nacional de Habitação
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CESBs	Companhias estaduais de saneamento básico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DEX	Despesas de Exploração
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração de Crescimento
PET	Politereftalato de etileno
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional do Saneamento Básico
SAA	Sistemas de Abastecimentos de Água
SAC	Soluções alternativas coletivas
SAI	Soluções alternativas individuais
SANECAP	Companhia de Saneamento da Capital
SANESA	Companhia de Saneamento de Campina Grande
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional do Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 SANEAMENTO BÁSICO E O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
2.1.1 Saneamento básico e suas diretrizes.....	17
2.1.2 Histórico do abastecimento de água no contexto do saneamento básico	18
2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	21
2.2.1 Manancial	22
2.2.2 Captação	23
2.2.3 Estação de Tratamento de Água - ETA.....	24
2.2.4 Adutoras	25
2.2.5 Reservatório.....	25
2.2.6 Redes de distribuição.....	26
2.3 UNIVERSALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	26
2.4 SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	27
2.5 USO DE INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	28
2.6 USO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE COMO INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO EM SISTEMAS RELACIONADOS AO SANEAMENTO	30
3. METODOLOGIA.....	32
3.1 DEFINIÇÃO DE INDICADORES PARA ANÁLISE DO SISTEMA	32
3.2 ESTUDO POPULACIONAL E PROJEÇÃO DAS DEMANDAS.....	37
3.3 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO	38
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
4.1 LOCALIZAÇÃO	42
4.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS, VEGETAÇÃO E PEDOLOGIA	42
4.3 HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA.....	43
4.4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO EXISTENTE	44

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1 ANÁLISE DE INDICADORES	45
5.1.1 Desempenho Operacional.....	45
5.1.2 Desempenho de Qualidade	59
5.1.3 Desempenho Econômico-Financeiro e Administrativo.....	63
5.2 PROJEÇÃO DEMOGRÁFICA	66
5.3 PROJEÇÃO DAS DEMANDAS	67
5.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	71
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICES	87
APÊNDICE I	87

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico está intrinsecamente relacionado à promoção de saúde, qualidade de vida da população e preservação do meio ambiente. Os quatro componentes do saneamento básico são: abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais.

O Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano é conceituado conforme o Decreto Nº 5.440/2005 como a instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão (BRASIL, 2005).

Conforme estabelecido na Lei Federal Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 o Plano Municipal de Saneamento Básico é fundamental para as atividades de planejamento e gestão dos serviços de saneamento, seja feita individualmente por município, ou de maneira regionalizada, conforme a atualização da supracitada legislação no ano de 2020, no novo marco regulatório, Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. O plano deve ser elaborado contendo um diagnóstico situacional do setor, identificando deficiências e propondo soluções que atendam às necessidades da população, com destaque aos serviços de abastecimento de água, no que diz respeito à segurança hídrica, qualidade da água e prevenção de doenças.

Nesse contexto, o SNIS é uma importante fonte de indicadores sobre o setor, disponibilizados pelo governo federal, que trazem informações úteis para análise da prestação de serviços realizados nos municípios.

De acordo com informações do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (2010), dentre os 223 municípios existentes no estado da Paraíba, 80 apresentam condições satisfatórias quanto aos mananciais e sistemas produtores para o atendimento de demandas futuras da população, entre os quais Casserengue não está listado.

O município de Casserengue faz parte dos 50 municípios que compõem o Termo de Execução Descentralizado – TED 03/2019 entre a FUNASA e UFCG com o objetivo de criar o plano municipal de saneamento básico que englobam informações dos 4 componentes do saneamento.

O Plano Nacional do Saneamento Básico – PLANSAB apresenta conceitos importantes para a caracterização do atendimento do abastecimento de água, permitindo classificar o

atendimento satisfatório ou déficit, considerando fatores de infraestrutura, aspectos socioeconômicos e culturais, a intermitência dos serviços, a potabilidade do recurso ofertado, e o acesso, no que diz respeito a existência de canalizações internas nas edificações.

De acordo com o referido plano, situações que caracterizam o atendimento precário, representam déficit, pois a oferta do serviço em condições insatisfatórias ou provisórias podem comprometer a qualidade do ambiente domiciliar e do seu entorno (PLANSAB, 2019). Sendo assim, de acordo com o PLANSAB, caracterizam o atendimento precário:

- Dentre o conjunto com fornecimento de água por rede e poço ou nascente, a parcela de domicílios que não possui canalização interna, recebe água fora dos padrões de potabilidade e tem intermitência prolongada ou racionamentos.
- Uso de cisterna para água de chuva, que forneça água sem segurança sanitária e, ou, em quantidade insuficiente para a proteção à saúde.
- Uso de reservatório abastecido por carro pipa.

Segundo informações oriundas do PMSB/UFCG (2021, no prelo) no diagnóstico do mencionado município, que está em elaboração, o sistema atual apresenta intermitência no serviço, uso de cisternas e reservatórios abastecidos por carros-pipa. Tais características corroboram com a classificação de que o sistema está em déficit de acesso no abastecimento de água potável.

Isto posto, este trabalho objetiva realizar uma análise do sistema de abastecimento de água que atende a zona urbana do município de Casserengue/PB, identificando a situação atual da prestação de serviços com base em indicadores do Sistema Nacional de informações sobre Saneamento (SNIS), podendo servir como subsídio para elaboração do PMSB que está atualmente em formação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar o atual sistema de abastecimento no município de Casserengue/PB, visando a identificação de déficits e a proposição de soluções técnicas para a sua melhoria.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar, com base em indicadores, o Sistemas de Abastecimento de Água indicando as principais deficiências;

- Elaborar um ranking de prioridades com relação aos déficits identificados no sistema utilizando a matriz GUT;
- Apresentar um plano de ação para o serviço utilizando o método 5W1H.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SANEAMENTO BÁSICO E O ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1.1 Saneamento básico e suas diretrizes

O Saneamento Ambiental é caracterizado como um conjunto de ações socioeconômicas que objetivam alcançar a Salubridade Ambiental. Este é definido como o estado de higidez da população, evitando surgimento de endemias e epidemias veiculadas pelo meio ambiente, e promovendo condições favoráveis para o gozo da saúde e bem-estar (FUNASA, 2004).

O Saneamento Básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988, definido pela Lei nº 14026/2020 (BRASIL, 2020) como um conjunto de sistemas operacionais, infraestrutura e instalações restritos a sistemas de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, definidos como:

- a) Abastecimento de água potável: abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) Esgotamento sanitário: coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) Drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

O Art. 7º da Lei define os princípios fundamentais em que são pautadas a prestação de serviços públicos de saneamento básico, dentre eles estão:

- I – universalização do acesso e efetiva prestação do serviço;
- II - integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximize a eficácia das ações e dos resultados;
- III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente;
- IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
- VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da

saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VIII - estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários;

XI - segurança, qualidade e regularidade;

XII - integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Além destes, os incisos III e IV do mesmo artigo, preveem a promoção da saúde pública, proteção do meio ambiente (inciso III), e segurança da vida e patrimônio público e privado (inciso IV) por meio de técnicas adequadas na prestação de serviço dos quatro sistemas de saneamento básico. O inciso VI do mesmo artigo, prevê a articulação de políticas de interesse social, proteção ambiental, além de promoção a saúde e qualidade de vida. A Lei também determina ações para a redução e controle de perdas da água no sistema de abastecimento, incentivando o uso racionalizado e aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 2020).

Ainda no Art. 7º, determina a prestação regionalizada como forma de garantir a universalização do serviço, bem como sua viabilidade técnica e econômico-financeira, e estabelece que os estados agrupem pequenos municípios para que os serviços sejam prestados de maneira coletiva, atendendo ao plano regional de saneamento básico elaborado para o conjunto de municípios atendidos.

A atualização do Art. 8º da Lei nº 11.445/2007 dispõe que a titularidade da prestação dos serviços, atribuída ao município, poderá ser realizado por gestão associada, por meio de consórcios públicos ou convênios de cooperação, devendo ser promovido a abertura de licitações para empresas públicas e privadas.

O plano regional do saneamento básico, ainda segundo o mesmo artigo, no que diz respeito a alteração do Art. 17º parágrafo 3º e 4º da Lei Nacional do Saneamento Básico: dispensará a necessidade de elaboração e publicação de planos de saneamento municipais e poderá receber apoio técnico e científico com suporte da União e de órgãos e entidades da administração estadual.

2.1.2 Histórico do abastecimento de água no contexto do saneamento básico

Os primeiros registros da construção de Sistemas de Abastecimentos de Água (SAA) são encontrados nas civilizações antigas, a fim de controlar o fluxo da água por meio de ruínas e canais de irrigação, no Egito e Mesopotâmia, quando o ser humano, abandonando a vida nômade, deu início ao estilo de vida sedentário e às atividades de agricultura e criação de

animais (NETO & FERNANDÉZ, 2018; SOUZA et al., 2015). Dessa forma, as demandas pelo abastecimento de água passaram a incluir populações em vilarejos e não apenas indivíduos, famílias e pequenos grupos de caça (SOUZA et. al., 2015).

As primeiras tubulações para distribuição de água foram desenvolvidas na cidade de Knossos, na ilha de Creta, por volta de 1500 a.c., onde a água era conduzida para o palácio por meio de tubulações circulares pressurizadas (TSUTYIA, 2006). Segundo o mesmo autor, na região onde se localiza a Turquia, são encontrados, hoje em dia, ruínas de grandes sistemas de abastecimento da antiguidade, construídos entre 2000 – 200 a.c., incluindo um sistema que incluía uma barragem para captação e uma série de tubos cerâmicos pressurizados para condução de água.

Os registros que demonstram o desenvolvimento de novas tecnologias para captação, transporte e distribuição de águas ao longo da história da humanidade, também mostram a evolução da consciência humana no que diz respeito a relação entre a qualidade da água e a saúde e bem-estar da população (SOUZA et. al., 2015).

O Império Romano é responsável por grandes marcos na cronologia dos eventos dos SAA, entre eles os grandes aquedutos, que visavam conduzir águas das nascentes dos rios para as cidades e abastecer diariamente as fontes públicas e as termas, locais destinados a banhos públicos, julgando uma maior qualidade desse recurso com relação às águas dos cursos dos rios (SANTOS, 2017; MARTINS & RIBEIRO, 2012).

Encontra-se registros dos SAA na América Pré-Colombiana, onde os povos incas, referência na engenharia sanitária, construíam grandes estruturas, principalmente reservatórios e sistemas de banho, onde as águas eram transportadas por condutos perfurados nas rochas. O desenvolvimento com relação ao saneamento, fortemente influenciado pela religião, proporcionava saúde e qualidade de vida para a população (HELLER & PADUA, 2006).

Na Idade Média, enquanto a Europa sucumbia as péssimas condições de saneamento nesse período, e tinha como consequência o surgimento de várias epidemias, os povos islâmicos influenciados por questões religiosas, assim como os povos incas, conservavam boas condições de higiene devido aos SAA e esgotamento sanitário (TSUTYIA, 2006).

No ano de 1237 foi criado o primeiro sistema de água encanada em Londres, Inglaterra, cujas tubulações eram constituídas de chumbo. Em 1445, foi empregada a primeira tubulação de ferro fundido na Alemanha, material utilizado até hoje em tubulações dos SAA. Já no Brasil, a cidade do Rio de Janeiro foi pioneira na construção de tais sistemas quando, no período

colonial, executaram o primeiro poço para captação de água, e em 1810 a cidade tinha o primeiro sistema de água encanada do país (TSUTYIA, 2006).

Os SAA evoluíram para sistemas complexos compostos desde a captação a distribuição de água, e de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), esta, bem como seus serviços e instalações devem estar ao alcance físico e seguro para toda a população (OHCHR, 2003).

a) No Brasil

O saneamento básico no Brasil, anteriormente à 1969, era gerido pelos municípios. Entretanto, a partir da década de 1950, em virtude do aumento dos movimentos migratórios do campo para a cidade e crescimento desordenado do espaço urbano, a população começou a habitar áreas insalubres, que propiciaram a propagação de doenças e perda da qualidade de vida da população, demonstrando a necessidade cada vez mais de uma gestão eficiente para o saneamento (SANTOS et al., 2018).

De modo geral, existiam um grande número de organismos atuando sem coordenação, com escassez de recursos financeiros, humanos e técnicos. Com a instituição do Plano Nacional de Saneamento (Planasa), em 1969, bem como a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), pode-se oferecer linhas de crédito especial aos estados para a criação de suas próprias companhias de saneamento, às CESBs (NUNES, 2015). Assim, a gestão do saneamento continuava sob o poder público.

Em meados dos anos 1990, quando o Planasa se viu desmobilizado financeiramente, a política nacional de saneamento enfraquecia-se, com as unidades da federação se sentindo desobrigadas das ações. Sob esse contexto, a política privatista ganhou força e regulamentos definidos pela Lei nº 8.987/1995 (BRASIL, 1995), a Lei das Concessões, que abre a possibilidade de prestação de serviços públicos pela iniciativa privada (BRITTO et al., 2012).

Haja vista que a titularidade municipal aos serviços de saneamento definida pela Constituição de 88, artigo 30, inciso I, para prover a privatização dos serviços seria necessário que a titularidade fosse concedida aos estados da federação. Nesse sentido, o então presidente FHC, tentou aprovar, sem êxito, o Projeto de Lei nº 4147 de 2001, com o objetivo de transferir o poder concedente desse serviço ao estado, nas regiões metropolitanas. Apenas 37 concessões a empresas privadas foram desenvolvidas no país, concentradas principalmente em estados do Sudeste e Centro Oeste (SANTOS et al. 2018; OLIVEIRA, 2005).

Assim, uma nova década se iniciou sem ter ocorrido a definição de um marco regulatório que organizasse estruturalmente o setor de saneamento no país, contribuindo para déficits nos serviços e na sua distribuição no território. Apenas em 2007, com o lançamento do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) e a sanção da Lei Federal nº 11.445/2007, chamada de Lei Nacional do Saneamento Básico, os municípios conquistaram a titularidade dos serviços de saneamento e o setor voltou a se desenvolver (ALBUQUERQUE, 2014; CARNEIRO et al., 2018).

b) Na Paraíba

Anteriormente ao ano de 1972, o estado da Paraíba contava com as companhias de Saneamento da Capital (SANECAP) e de Saneamento de Campina Grande (SANESA), de abrangência estadual e municipal, respectivamente. Entretanto, com a era Planasa e a criação das CESBs, ocorreu a unificação da SANECAP e da SANESA, formando a atual Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) (ASSIS, 2018).

A CAGEPA é a principal gestora dos serviços de água e esgoto do estado, sendo uma sociedade mista de domínio estadual. Em alguns pequenos municípios da Paraíba, a titularidade do saneamento é do poder público municipal.

2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com a Portaria nº 518/2004 (BRASIL, 2004) o SAA para consumo humano é a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Conforme as definições apresentadas pela Portaria GM/MS Nº 888/2021 (BRASIL, 2021), os sistemas de abastecimento podem ser classificados em:

- Solução alternativa coletiva (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição;
- Solução alternativa individual (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;

Sob o ponto de vista sanitário, o sistema de abastecimento coletivo permite a proteção do manancial, a supervisão das unidades do sistema, o controle da qualidade da água consumida e propicia a redução de recursos humanos e financeiros (FUNASA, 2014). Os componentes do

SAA são: manancial, captação, estação elevatória, adutora estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição.

2.2.1 Manancial

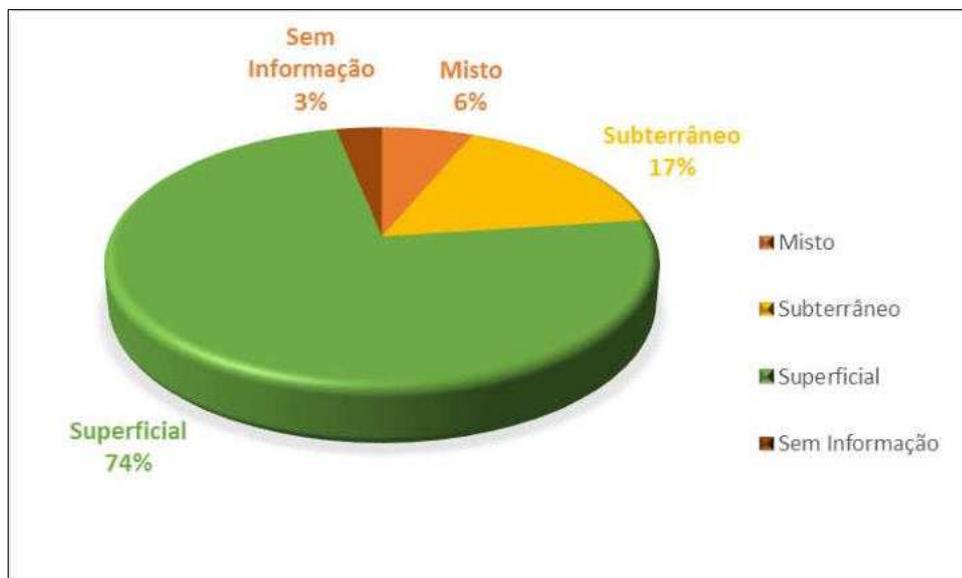
É chamado de manancial, toda fonte de onde são retiradas as vazões destinadas a suprir as demandas relativas ao abastecimento doméstico, comercial, industrial e demais fins (FUNASA, 2004).

No ciclo hidrológico, parte da água oriunda da precipitação escoar na superfície e parte se infiltra, de acordo as propriedades do solo. A infiltração, processo que a água percola entre os vazios do meio, é de suma importância tanto para a alimentação dos rios, como para o armazenamento subterrâneo (TUCCI, 2002). De maneira geral, os mananciais podem ser superficiais ou subterrâneos.

O Brasil é abastecido tanto por mananciais subterrâneos como superficiais, e tal distribuição depende de fatores como demanda e oferta disponível, viabilidade técnica e econômica para exploração deste recurso. No país, do total de municípios, 47% são abastecidos por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% por um abastecimento misto composto pelos dois tipos de mananciais (ANA, 2010).

No estado da Paraíba, de acordo com dados da ANA (2010), das 223 sedes urbanas, 76% são abastecidas exclusivamente por mananciais superficiais, com predomínio de açudes (Figura 1).

Figura 1 - Panorama dos tipos de mananciais de abastecimento no estado da Paraíba



Fonte: ANA (2010).

a) Manancial superficial

É toda água proveniente das precipitações formadas pelo escoamento fluvial, que acumulam na superfície terrestre na forma de rios, lagos, riachos, lagoas ou açudes (FUNASA, 2004).

A bacia hidrográfica é composta por um rio principal e todos os seus afluentes. Esta, pode ser definida como uma área de captação de água pela superfície do solo, que recebe a água precipitada, na qual todos os cursos de água – rede de drenagem, convergem para um único ponto, o exutório (ANA, 2012).

Com relação a escolha do manancial para o sistema, é necessário conhecer a bacia hidrográfica à montante da captação da água, além de suas características físicas, bióticas e socioeconômicas - aspectos relacionados à geologia, área, topografia, clima, vegetação, e as atividades humanas e uso do solo (FUNASA, 2014). O manancial escolhido deve estar em consonância com o enquadramento de corpos hídricos disposto conforme a resolução do CONAMA n° 357/2005 (CONAMA, 2005) para o seu determinado uso.

b) Manancial subterrâneo

É toda água que após a precipitação, infiltra no solo, sendo acumulada em lençóis freático e aquíferos, podendo ser captada por meio de poços perfurados, galerias ou nascentes de rios (FUNASA, 2004).

Os aquíferos são formações geológicas porosas e permeáveis que, além de acumular água, permite a sua circulação e retirada em quantidade economicamente viável (exploração) (TUCCI, 2002).

A Paraíba apresenta pequeno potencial de exploração de água subterrânea, com melhores disponibilidades encontradas apenas no sistema aquífero Pernambuco-Paraíba, localizado na faixa costeira. Apenas 17% das sedes urbanas são supridas exclusivamente por águas subterrâneas e 6%, pelos dois tipos de mananciais (superficial e subterrâneo) (ANA, 2010).

2.2.2 Captação

A captação de água dos SAA é feita por meio de uma estrutura que visa a extração desse recurso do manancial, conduzindo a uma adutora e os locais de utilização. Além dos critérios técnicos, para o desenvolvimento e definição dos SAA, é necessário o envolvimento da população nas tomadas de decisões, como o manancial escolhido, local de captação e até sobre

sua distribuição, gerando assim, um maior comprometimento da população com relação a preservação e proteção do sistema (HELLER, 2010).

a) Captação em mananciais superficiais

- **Barragens**

Essas obras são conhecidas como barragens de regularização que acumulam água dos rios em períodos de cheia, onde a afluência é superior a demanda de água. Assim, a estrutura funciona como um reservatório, projetado a uma cota pré-estabelecida para o bom funcionamento das bombas, armazenando as águas excedentes, a fim de utilizá-las em períodos de estiagem para os usos de abastecimento doméstico, industrial ou irrigação (ANA, 2012).

- **Caixa de Tomada de Água**

Este componente é formado por uma série de dispositivos que visam conduzir a água do manancial para as demais fases do sistema de captação. De acordo com Tsutya (2006) pode ser feito via condutos forçados, canais ou diretamente pelas bombas.

b) Captação em mananciais subterrâneos

Para captação de água do lençol freático, são utilizados poços rasos, cacimbões e poços tubulares. De acordo com a ABAS (2005), podem ser definidos como:

- Poços rasos, cacimbões ou amazonas: Utilizados para captação de água em lençóis freáticos geralmente em profundidades de até 20 metros. São poços de grandes diâmetros (1 metro ou mais), escavados manualmente e revestidos com tijolos ou anéis de concreto;
- Poços tubulares: Utilizados para captação de água em aquíferos geralmente em profundidades de até 20 metros. Obra de engenharia geológica de acesso a água subterrânea, executada com sonda perfuratriz mediante perfuração vertical com diâmetro de 4” a 36” e profundidade de até 2000 metros, para captação de água.

2.2.3 Estação de Tratamento de Água - ETA

De acordo com a FUNASA (2014), o tratamento de água objetiva melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano. As ETAs destinam-se a melhorar a qualidade da água ofertada no sistema, de modo a atingir as condições de potabilidade exigidas por Lei para o consumo humano, dispostas na Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

Conforme definições de Richter (2018), o tratamento de água tem a finalidade de atender a condições:

- Higiênicas: remoção de bactérias, vírus, protozoários entre outros microorganismos;
- Estéticas: relacionadas a sabor, cor e odor;
- Econômicas: redução de corrosividade, dureza, turbidez, ferro, dentre outras propriedades.

O tratamento convencional é composto das etapas de clarificação (mistura rápida/coagulação, mistura lenta/floculação, decantação e filtração), desinfecção, correção de pH, reservação e distribuição (FUNASA, 2014).

2.2.4 Adutoras

Conforme Tsutya (2006) esse componente dos SAA é formado pelo conjunto de encanamentos, peças especiais e obras de arte destinados a promover o transporte da água em um sistema de abastecimento entre:

- captação e reservatório de distribuição;
- captação e ETA;
- captação a rede de distribuição;
- ETA e reservatório;
- ETA e rede;
- reservatório à rede;
- reservatório a reservatório.

2.2.5 Reservatório

Os reservatórios são estruturas de armazenamento de água, que são distribuídos em pontos estratégicos do sistema, para atender as populações. Podem ter diferentes formas, em função de sua posição no terreno (apoiado, elevado, semienterrado, enterrado) e quanto à sua disposição em relação à rede de distribuição podem estar à montante ou à jusante (HELLER, 2010).

De acordo com Tsutya (2006), são as principais funções dos reservatórios: regularizar a vazão de acordo com as demandas; servir de reserva de água para incêndio; regularizar as pressões e fornecer segurança no abastecimento, de forma a oferecer água em momentos de interrupção do sistema.

2.2.6 Redes de distribuição

A rede de distribuição e último componente do SAA, que é formada por tubulações, acessórios e peças especiais, destinadas a levar a água já tratada para o abastecimento da população, de forma contínua, em quantidade e pressão adequadas (TSUTYA, 2006).

2.3 UNIVERSALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As Leis Federais nº 11.445/2007 e nº 14.026/2020 preveem universalização do acesso pela população aos serviços de abastecimento de água. De acordo com a Declaração dos direitos a Água, o acesso a esse recurso é um dos direitos fundamentais do ser humano.

“A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado do Art. 3º da Declaração dos Direitos do Homem.” (ONU, 1992).

A escassez hídrica é um problema em escala mundial (SEGALA, 2012; BARBOSA, 2011; ALVES, 2014). No Brasil, sobretudo na região Nordeste, a alta variabilidade espacial e temporal das chuvas; o aumento da demanda, provocado pelo acelerado crescimento populacional; a poluição de mananciais existentes; a ausência de planejamento e eficiência quanto a gestão dos sistemas de saneamento, contribuem para o avanço de um cenário em que o direito ao acesso a água potável não seja exercido plenamente pela população.

Aliado a esses fatores, os investimentos realizados no setor de saneamento básico sempre se concentraram nas cidades. Isso pode ser efeito da transformação espacial - que diz respeito ao crescimento da população urbana e migração dos habitantes campo para a cidade nos últimos 50 anos (NASCIMENTO *et al.* 2017), que resultou na marginalização e precariedade na oferta de serviços básicos especialmente em comunidades rurais.

Mormente nessas áreas mais afastadas dos centros urbanos, destaca-se a ausência de infraestrutura no que se refere ao fornecimento de água potável. As dificuldades encontradas no âmbito de implantação e gestão de sistemas de abastecimento estão relacionadas à baixa relação de custo/benefício (FILHO *et al.*, 2013), a baixa densidade populacional, pouco adensamento dos domicílios, distâncias à ETA, e diferenças no âmbito social, cultural e econômico da população residente dessas regiões mais afastadas da zona urbana (MACHADO *et al.*, 2016).

Nesse contexto, fomentados pelo poder público, geralmente são empregadas soluções alternativas individuais pela população. No entanto, por si só, essas técnicas não asseguram

continuidade e qualidade da água consumida. Para isso, é primordial que as soluções estejam vinculadas a modelos de gestão eficientes (RAID, 2017).

Filho et al (2013) estudou cinco dimensões condicionantes a universalização do sistema de abastecimento de água potável para pequenas comunidades rurais no Nordeste Brasileiro, sendo essas dimensões tecnológicas, sociais, gerenciais, econômicas e legais.

Tendo em vista o déficit no setor de saneamento básico, incluindo o abastecimento de água, o PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico, foi aprovado em 2013, e instituiu o Saneamento Rural, programa do Governo federal com o objetivo de “Ampliar a cobertura e melhorar a qualidade dos serviços de saneamento ambiental em áreas rurais” (PLANSAB, 2014); além dos programas “Saneamento Básico Integrado” e “Saneamento estruturante”.

2.4 SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Além dos SAA tradicionais, que apresentam os componentes já abordados, ainda existem os sistemas alternativos de abastecimento, que são aqueles que não possuem uma rede de distribuição não são obrigatoriamente de competência do poder público. A solução para o abastecimento da água, bem como consequências dele advindas, são de responsabilidade da própria população, geralmente a parte mais carente, que muitas vezes habita zonas rurais mais afastadas, ou centros periféricos (HELLER, 2010). Tais sistemas podem ser classificados de acordo com sua abrangência como SAC – Soluções alternativas coletivas e SAI – Soluções alternativas individuais.

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 define os SAC para consumo humano como “modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição”. Já as SAI são conceituadas como uma “modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.” (BRASIL, 2021).

Heller (2010) define diversos elementos condicionantes para concepção de sistemas de abastecimento em uma comunidade, mesmo que a viabilidade econômica seja primordial na maioria da tomada de decisões, devem estar aliados a fatores técnicos, sociais, culturais. Segundo o autor, devem ser analisados: localização, demografia, mananciais disponíveis, topografia, características geológicas e geotécnicas, disponibilidade de energia elétrica, recursos humanos e condições econômico-financeiros.

As soluções alternativas de abastecimento de água podem ser empregadas de acordo com a necessidade, para atender a uma situação transitória ou permanente. No primeiro caso, são enquadradas situações de emergência de origem natural ou operacional, como enchentes, secas, tempestades ou eutrofização da água dos mananciais de superfície, que coloquem em risco a qualidade da água. As soluções alternativas têm caráter permanente, quando utilizadas por longos períodos, em áreas rurais ou urbanas. Tal situação é recorrente principalmente em regiões semiáridas de escassez hídrica (PÁDUA, 2010).

No Quadro 1 estão expostas algumas soluções técnicas para os componentes dos sistemas alternativos de abastecimento que são estes: captação, tratamento, reservação e distribuição.

Quadro 1 - Exemplo de soluções alternativas para cada componente dos sistemas

Componente	Respectiva solução alternativa
Captação	Poço de uso familiar ou coletivo
	Coleta em manancial de superfície pela própria população
	Água de chuva
Tratamento	Desinfecção solar
	Fervura
	Uso de desinfetantes a base de cloro
	Filtros domésticos
	Tratamento domiciliar com filtros de areia
Reservação	Cisternas
	Chafariz
Distribuição	Torneiras públicas
	Veículos transportadores

Fonte: Adaptado de Pádua (2010).

2.5 USO DE INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Nos últimos anos, o uso de indicadores de desempenho tem se tornado uma prática crescente no cenário mundial. No Brasil, conforme a Lei nacional do Saneamento básico, os indicadores de desempenho constituem os processos de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços ofertados (VON SPERLING & VON SPERLING, 2013).

De acordo com Von Sperling & Von Sperling (2012), os indicadores têm como finalidades principais informar, avaliar e definir critérios, em diferentes âmbitos de atuação e por diferentes usuários.

Essas ferramentas são úteis para as entidades gestoras, servindo de subsídio no planejamento, tomadas de decisões e avaliação dos efeitos das ações tomadas; identificando falhas e pontos em que serão baseadas a adoção de ações corretivas; possibilitando a análise de desempenho; permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços; e contribuindo na definição de políticas públicas para o setor saneamento, no âmbito do governo federal, estadual e municipal (MIRANDA, 2002). Para a população que usufrui do serviço, os indicadores traduzem, de maneira simplificada, processos e informações complexas sobre qualidade dos serviços prestados (ALEGRE, 2000).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS caracteriza-se por ser o maior sistema de informações sobre o saneamento no Brasil. Criado em 1996, vinculado à Secretaria Nacional do Saneamento – SNS do Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR, consiste em uma base de dados, coletados das prestadoras de serviços das quatro áreas do saneamento. As informações e indicadores são analisados, tratados e disponibilizados anualmente por meio de diagnósticos (SNIS, 2019).

O SNIS contém em sua base de dados indicadores que abrangem todas as etapas do abastecimento de água, desde a captação até a sua distribuição e é apontado por Carvalho (2013) como o sistema com o maior rol de indicadores do país.

No banco de dados do SNIS, entre as classificações existentes destacam-se aquelas relacionadas ao abastecimento de água, sendo estes: Indicadores econômico-financeiros e administrativos - água e esgoto (32 indicadores); Operacionais – água (22 indicadores) e Qualidade – água e esgoto (13 indicadores).

Para o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, foram selecionados oito indicadores de abastecimento de água para acompanhamento do progresso e definição de metas, cuja fonte de dados são os Censos, o SNIS e o Siságua. As metas propostas preveem o alcance da universalização para os serviços de abastecimento de água nas áreas urbanas de todas as macrorregiões do país, bem como nas áreas rurais do Sudeste, Sul e Centro-Oeste em 2033 (PLANSAB, 2019).

Entre os indicadores listados estão as perdas de água na distribuição, que possuem valores atuais elevados, principalmente nas macrorregiões Norte e Nordeste (PLANSAB, 2019). De acordo com o PLANSAB, esses índices devem atingir, em 2033, 33% nas macrorregiões Norte e Nordeste e 31% no Brasil, sendo necessário esforços por parte dos prestadores de serviço para o alcance das metas estabelecidas.

2.6 USO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE COMO INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO EM SISTEMAS RELACIONADOS AO SANEAMENTO

No contexto de controle e gerenciamento de processos em uma organização, destaca-se a utilização de ferramentas de qualidade na gestão das atividades realizadas. De acordo com Lucinda (2010), experiências práticas evidenciam que a aplicação das ferramentas de qualidade dentro de uma empresa tem se mostrado eficientes na solução da maioria dos problemas que sejam apresentados.

Sete ferramentas ficaram consagradas como Ferramentas de qualidade, são estas: Diagrama de Pareto; Gráficos de Dispersão; Histogramas; Folhas de verificação; Diagramas de causa-efeito; cartas de controle e fluxogramas.

Ao longo dos anos, foram formuladas outras ferramentas de qualidade, mais modernas, que tem sido amplamente difundida em diversos setores. Dentre elas, pode-se destacar:

- Matriz de prioridades GUT: utilizado quando uma organização tem várias questões a serem resolvidas de uma só vez. Essa metodologia é auxiliada na priorização desses problemas, com base na gravidade, urgência e tendência no agravamento do problema, condicionado a sua resolução (LUCINDA, 2010);
- Matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Oppotunities e Threats*): em sua tradução é força, fraqueza, oportunidade e ameaça. “Através da análise dos pontos fortes e fracos, os gestores e suas equipes poderão determinar com mais clareza as prioridades em termos de ameaças e oportunidades existentes no ambiente externo;” (ANDION & FAVA, 2002);
- 5W2H: é uma metodologia que objetiva responder cinco questionamentos necessários para elaboração de um plano de ação. Sua nomenclatura é um acrônimo das iniciais destas perguntas em inglês (*O quê? Porquê? Quando? Onde? Quem? Como? Quando?*). O método 5W1H é uma variação do primeiro, suprimindo o custo dessa análise.

Com base na literatura, as ferramentas de qualidade se destacam como eficientes instrumentos de planejamento em diversas áreas de estudo. Conforme ressaltado por Araújo (2018), o processo de planejar as ações a serem executadas em uma empresa é de grande importância na gestão, inclusive no setor ambiental.

Com a finalidade de promover o uso racional da água no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba, Araújo (2018) elaborou um plano de ação utilizando o método 5W2H como ferramenta de apoio a gestão da demanda de água. Para elaboração do método foi utilizada uma adaptação da metodologia Matriz GUT, a fim de definir a prioridade de ações propostas. Segundo a autora, os métodos aplicados mostraram-se eficazes, com o intuito de direcionar o planejamento, reduzindo 40% do consumo de água, com a execução futura das ações propostas para solução dos problemas diagnosticados.

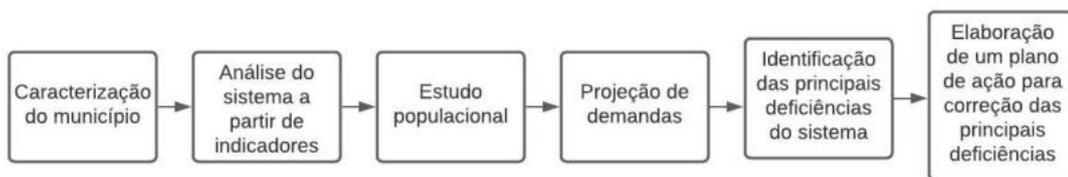
No que diz respeito a gestão de resíduos sólidos na Cidade de Recife, em Pernambuco, Costa *et al* (2017) propôs a aplicação da Matriz GUT como ferramenta de auxílio na tomada de decisões pelos gestores públicos, relatando que a metodologia se mostrou eficiente para nortear a priorização de ações e investimentos no setor, possibilitando melhor alocação de recursos humanos, financeiros e relativo à proteção de recursos naturais.

Belatto (2016) utilizou a matriz SWOT para analisar o SAA no município de Lapa, no Paraná, identificando, assim, as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças existentes, auxiliando na elaboração do planejamento para um horizonte de 20 anos, estabelecendo metas a serem alcançadas através dos planos, programas e ações de intervenção previamente estabelecidos no PMSB.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o escopo deste trabalho consiste nas etapas de caracterização do município, análise do sistema de abastecimento de água a partir de indicadores, estudo populacional, projeção de demandas, identificação de deficiências do sistema de água, elaboração de um plano de ação para correção das principais deficiências identificadas no sistema, conforme exposto na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma metodológico



Fonte: A autora (2021).

A caracterização do município de Casserengue foi feita com relação aos aspectos gerais, fisiológicos, climáticos hidrológicos e hidrogeológicos.

3.1 DEFINIÇÃO DE INDICADORES PARA ANÁLISE DO SISTEMA

Os indicadores selecionados para diagnóstico do sistema existente foram extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e correspondem àqueles que serão utilizados para elaboração do PMSB. No Quadro 2 está disposto a escolha dos indicadores para realização de uma caracterização do abastecimento de água no município.

Quadro 2 - Lista de indicadores analisados

Categoria	Indicador	Sigla
Econômico- financeiro e administrativos	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio	IN002
	Despesa total com os serviços por m ³ faturado	IN003
	Tarifa Média Praticada	IN005
	Índice de evasão de receitas	IN029
	Índice de suficiência de caixa	IN101
Operacional	Densidade de economias de água por ligação	IN001
	Índice de hidromedidação	IN009
	Índice de micromedidação relativo ao volume disponibilizado	IN010
	Índice de macromedidação	IN011
	Índice de perdas faturamento	IN013
	Extensão da rede de água por ligação	IN020

Quadro 2 - Lista de indicadores analisados (continuação)

Categoria	Indicador	Sigla
Operacional	Consumo médio per capita de água	IN022
	Índice de atendimento urbano de água	IN023
	Volume de água disponibilizado por economia	IN025
	Índice de faturamento de água	IN028
	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	IN043
	Índice de micromedição relativo ao consumo	IN044
	Índice de perdas na distribuição	IN049
	Índice bruto de perdas lineares	IN050
	Índice de perdas por ligação	IN051
	Índice de consumo de água	IN052
	Consumo médio de água por economia	IN053
	Índice de atendimento total de água	IN055
	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	IN058
Qualidade	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	IN075
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	IN076
	Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual	IN079
	Índice de conformidade da quantidade de amostras – turbidez	IN080
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	IN084
	Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais	IN085

Fonte: A autora (2021).

Os indicadores selecionados são calculados a partir das equações expostas na Tabela 1. Posteriormente estão expostas algumas definições importantes para auxiliar na compreensão dos indicadores analisados.

Tabela 1 - Equações utilizadas para o cálculo dos indicadores

IN	Equação
IN002	$\frac{\text{Quantidade de economias ativas de água} + \text{Quantidade de economias ativas de esgotos}}{\text{Quantidade total de empregados próprios}}$
IN003	$\frac{\text{Despesas totais com os serviços (DTS)}}{\text{Volume de água faturado} + \text{Volume de esgotos faturado}} \times 1/1.000$
IN005	$\frac{\text{Receita operacional direta de água}}{\text{Vol. de água fat.} - \text{Vol. de água bruta export.} - \text{Vol. de água trat. export.}} \times \frac{1}{1000}$
IN029	$\frac{\text{Receita operacional total (direta + indireta)} - \text{Arrecadação total}}{\text{Receita operacional total (direta + indireta)}} \times 100$
IN101	$\frac{\text{Arrecadação total}}{\text{Desp. de Exp.} + \text{Desp. com amort} + \text{Desp. com juros e enc.} + \text{Desp. fisc./ trib. não comp. na DEX}} \times 100$

Tabela 1 - Equações utilizadas para o cálculo dos indicadores (continuação)

IN	Equação
IN001	$\frac{\text{Quantidade de economias ativas de água}}{\text{Quantidade de ligações ativas de água}}$
IN009	$\frac{\text{Quantidade de ligações ativas de água micromedidas}}{\text{Quantidade de ligações ativas de água}} \times 100$
IN010	$\frac{\text{Vol. de água micromedido}}{\text{Vol. de água prod. + Vol. de água trat. imp. - Vol. de água trat. exp. - Vol. de serviço}} \times 100$
IN013	$\frac{\text{Volume de água (produzido + tratada importado - faturado - serviço)}}{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - serviço)}} \times 100$
IN011	$\frac{\text{Extensão da rede de água}}{\text{Quantidade de ligações totais de água}} \times 1000$
IN020	$\frac{\text{Volume de água consumido - Volume de água tratada exportado}}{\text{População total atendida com abastecimento de água}} \times 1.000.000/365$
IN022	$\frac{\text{Volume de água consumido - Volume de água tratada exportado}}{\text{População total atendida com abastecimento de água}} \times 1.000.000/365$
IN023	$\frac{\text{População urbana atendida com abastecimento de água}}{\text{População urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água}} \times 100$
IN025	$\frac{\text{Vol. de água prod. + Vol. de água tratada importado - Vol. de água trat. exportado}}{\text{Quantidade de economias ativas de água}} \times \frac{1000}{12}$
IN028	$\frac{\text{Volume de água faturado}}{\text{Vol. de água produzido + Vol. de água tratada importado - Vol. de serviço}} \times 100$
IN043	$\frac{\text{Quantidade de economias residenciais ativas de água}}{\text{Quantidade de economias ativas de água}} \times 100$
IN044	$\frac{\text{Volume de água micromedido}}{\text{Vol. de água consumido + Vol. de água tratada exportado}} \times 100$
IN049	$\frac{\text{Vol. de água produzido + Vol. de água tratada importado - Vol. de água consumido - Vol. de serviço}}{\text{Vol. de água produzido + Vol. de água tratada importado - Vol. de serviço}} \times 100$
IN050	$\frac{\text{Vol. de água prod. + Vol. de água trat. imp. - Vol. de água cons. - Vol. de serv.}}{\text{Extensão da rede de água}} \times \frac{1.000.000}{365}$
IN051	$= \frac{\text{Vol. de água prod. + Vol. de água trat. import. - Vol. de água cons. - Vol. de serv.}}{\text{Quantidade de ligações ativas de água}} \times \frac{1.000.000}{365}$
IN052	$\frac{\text{Vol. de água consumido}}{\text{Vol. de água produzido + Vol. de água tratada importado - Vol. de serviço}} \times 100$
IN053	$\frac{\text{Vol. de água consumido - Vol. de água tratada exportado}}{\text{Quantidade de economias ativas de água}} \times 1.000/12$
IN055	$\frac{\text{População total atendida com abastecimento de água}}{\text{População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água}} \times 100$
IN058	$\frac{\text{Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água}}{\text{Volume de água produzido + Volume de água tratada importado}}$
IN075	$\frac{\text{Quantidade de amostras para cloro residual com resultados fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras para cloro residual (analisadas)}} \times 100$
IN076	$\frac{\text{Quantidade de amostras para turbidez com resultados fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras para turbidez (analisadas)}} \times 100$
IN079	$\frac{\text{Quantidade de amostras para cloro residual (analisadas)}}{\text{Quantidade mínima de amostras para cloro residual (obrigatórias)}} \times 100$
IN080	$\frac{\text{Quantidade de amostras para turbidez (analisadas)}}{\text{Quantidade mínima de amostras para turbidez (obrigatórias)}} \times 100$

Tabela 1 - Equações utilizadas para o cálculo dos indicadores (continuação)

IN	Equação
IN083	$\frac{\text{Tempo total de execução dos serviços}}{\text{Quantidade de serviços executados}}$
IN084	$\frac{\text{Quantidade de amostras para coliformes totais com resultados fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas)}} \times 100$
IN085	$\frac{\text{Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas)}}{\text{Quantidade mínima de amostras para coliformes totais (obrigatórias)}} \times 100$

Fonte: SNIS (2019).

No que diz respeito ao índice de atendimento total de água, o IN055 reflete o índice de cobertura do sistema para a população total do município. Vale salientar que para o SNIS, os índices referem-se ao abastecimento por meio de rede geral de distribuição de abastecimento de água. Dessa forma, não são consideradas informações quanto ao atendimento por meio de soluções alternativas individuais ou coletivas (SNIS, 2018).

As perdas de água são inerentes ao processo de distribuição dos SAA, podendo ocorrer devido aos vazamentos, existência de ligações clandestinas e falhas nas leituras e medições. Sendo assim, esse indicador é um excelente parâmetro para analisar as deficiências do serviço ofertado pelo prestador nas atividades de distribuição, planejamento, investimentos e manutenção do sistema (BRASIL, 2020).

O índice de perdas está diretamente relacionado aos custos, tendo em vista que quanto maior a perda, maior o volume que precisará ser produzido e distribuído para abastecer a população. Para essa análise, utilizou-se o índice de perdas na ligação, índice de perdas na distribuição, índice de perdas no faturamento, índice de perdas por ligação e índice bruto de perdas lineares.

O indicador IN049 fornece uma aproximação das perdas do processo de distribuição em relação ao volume produzido, em percentuais. Tendo-se assim uma dimensão do nível de perdas da água que é efetivamente consumida. TSUTYA (2006) considera adequado o índice de perdas na distribuição inferior a 25% do volume produzido.

Para analisar o IN049 foram utilizados os parâmetros de classificação conforme Tabela 2.

Tabela 2- Parâmetros de Referência para análise do IN049	
$\leq 15\%$	Ótimo
$\geq 30\%$	Grande potencial de redução de perdas de água

Fonte: BRASIL (2020).

O IN051 objetiva avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em um SAA, retratando a variação do nível de perdas por ligação existente. Para este, são utilizados os parâmetros de classificação de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de Referência para análise do IN051

≤ 250 l/dia/lig	Ótimo
≥ 500 l/dia/lig	Grande potencial de redução de perdas de água

Fonte: BRASIL (2020).

O hidrômetro é um dispositivo de micromedição, capaz de medir o volume de água consumida em um ponto de abastecimento. O valor calculado na fatura de água, corresponde ao volume micromedido, sendo diretamente proporcional ao consumo.

O índice IN009 objetiva avaliar o percentual de ligações micromedidas com relação ao total de ligações ativas de água. De acordo com o SNIS (2018) as ligações ativas são aquelas que se encontravam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência da coleta de dados, e ligações micromedidas são aquelas providas de hidrômetro.

A micromedição é a apuração volumétrica da água na entrada das residências, imóveis comércios e indústrias, em que são feitas leituras periódicas nos hidrômetros instalados (SNIS, 2018). É medida por meio dos indicadores IN044 e IN010.

O IN058 é a relação do consumo de energia elétrica utilizado em um sistema de abastecimento de água pelo volume de água produzido e importado, e está diretamente relacionado aos custos operacionais de uma SAA.

Vale ressaltar que a eficiência energética do também está relacionada as condições orográficas a que cada sistema está sujeito, sendo fator determinante na necessidade de maior ou menor consumo de energia elétrica. Isto posto, os sistemas devem ser analisados isoladamente e o seu histórico individual pode trazer representações importantes de desempenho ao longo dos anos (SNIS, 2020).

De forma a realizar uma análise comparativa dos indicadores, foram selecionados dois municípios também inseridos na bacia hidrográfica do Rio Curimataú, com características demográficas e socioeconômicas semelhantes a Casserengue e que também são abastecidas pela CAGEPA, conforme expostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Municípios selecionados para análise comparativa do serviço de abastecimento prestado.

Município	População	IDH	PIB per capita
Caiçara/PB	7.220	0,592	7.920,21
Casserengue/PB	7.058	0,514	8.189,34
Tacima/PB	10.263	0,551	7.086,62

Fonte: IBGE (2010).

3.2 ESTUDO POPULACIONAL E PROJEÇÃO DAS DEMANDAS

O aumento acelerado da população é um fator primordial no que diz respeito ao planejamento e execução de obras de saneamento básico. Tal crescimento implica em uma crescente demanda de serviços, principalmente o abastecimento de água. Os sistemas de abastecimento de água e obras de esgotamento sanitários devem ser projetados para atender a uma determinada população, e isso deve corresponder ao crescimento demográfico em um certo número de anos. Esse período é denominado período do projeto ou plano do projeto, ou ainda, horizonte do projeto (TSUTIYA, 2006).

Buscando verificar a longevidade e segurança do sistema de abastecimento existente, foi realizado uma projeção populacional a partir do Censo do IBGE (2010) para um horizonte de 20 anos. Utilizando o software Excel, foram empregadas as metodologias mais comumente utilizadas para o cálculo da população futura: método aritmético, método geométrico, método da curva logística, método da regressão (TSUTYA, 2006; Von Sperling, 1996). Uma breve síntese dos métodos está exposta no Quadro 3.

Quadro 3 - Métodos para projeção populacional, suas respectivas equações e coeficientes.

MÉTODO	DESCRIÇÃO	EQUAÇÃO	COEFICIENTE
Método Aritmético	Considera que a população cresce de forma linear com o tempo por meio de uma taxa constante.	$P = P_0 + a \cdot \Delta t$	$a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$
Método Geométrico	Considera que a população cresce a uma taxa constante, com o tempo como um exponencial para o incremento anual sobre a taxa.	$P = P_0 \cdot g^{\Delta t}$	$g = \sqrt[t_2 - t_1]{\frac{P_2}{P_1}}$
Método da curva Logística	Considera que a população cresce numa relação matemática que estabelece uma curva que cresce assintoticamente, em função do tempo, até um valor de saturação.	$P = \frac{P_s}{1 + e^{a+b \cdot \Delta t}}$	$a = \ln\left(\frac{P_s - P_1}{P_1}\right)$ $b = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln\left(\frac{P_1 \cdot (P_s - P_2)}{P_2 \cdot (P_s - P_1)}\right)$

Quadro 3 - Métodos para projeção populacional, suas respectivas equações e coeficientes (continuação).

MÉTODO	DESCRIÇÃO	EQUAÇÃO	COEFICIENTE
Método da Regressão	Esse método é aplicado com o auxílio do software Microsoft Excel, e consiste em obter uma equação que estima o valor esperado de uma variável dependente (y) dados os valores da uma variável independente (x), da melhor maneira possível	-	$0 < R^2 < 1$

Nota: P_0 : população inicial de projeto; P_s : população de saturação; g : taxa de crescimento geométrico; Δt : intervalo de tempo da previsão. Fonte: A autora (2021).

A fim de verificar se existe um déficit com relação ao abastecimento quanto ao volume de água disponibilizado pelo município para o consumo humano, foi calculado o volume que seria necessário para atender a toda a população, tomando como referência o per capita com base no SNIS.

O consumo per capita consiste na média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. É uma informação importante para as projeções de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e de esgotos e para o controle operacional (SNIS, 2019).

O consumo médio per capita, em L/hab.dia, pode ser calculado através SNIS, a partir do volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela média aritmética, dos dois últimos anos de coleta, da população atendida com abastecimento de água.

3.3 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

A etapa final é o planejamento do serviço. Inicialmente foi utilizado o método 5W1H. Tal metodologia é amplamente empregada em diversas áreas do conhecimento por sua simplicidade na aplicação e auxílio na tomada de decisões. Consiste em um *checklist* que objetiva atender a 6 questões (Quadro 4) de forma a sanar todas as dúvidas que venham a surgir ao longo da elaboração das atividades (LENZI, KIESEL, ZUCCO, 2010). O nome do método é resultado de um acrônimo de suas diretrizes, palavras de origem inglesa.

O “*what*” compreende a ação que será tomada, com o “*why*” busca-se compreender as dificuldades, situação, os fatores que justificam a implementação da ação e ou/instrumento utilizados; “*who*” corresponde ao ator a quem será incumbido a realização da atividade, “*where*” a localização geográfica/o espaço físico de aplicação, “*when*” refere-se à

temporalidade, período disponível para que o objetivo seja cumprido, e “*how*” as diretrizes, a maneira como será conduzida a ação.

Quadro 4 - Método 5W1H

5W	WHAT	O que deve ser feito?
	WHY	Por que deve ser feito?
	WHO	Quem é o responsável pela ação?
	WHERE	Onde deve ser executado?
	WHEN	Quando deve ser implementado?
1H	HOW	Como deve ser conduzido?

Fonte: Adaptado de NAKAGAWA (2014).

O 5W1H permitiu elaborar um quadro definindo um plano de ação para os problemas detectados, fazendo o planejamento das ações necessárias: o que será feito, os motivos, quem fará, onde e como será implantado. A coluna “When” foi avaliada a partir da construção da matriz GUT.

A Matriz GUT foi aplicada com o intuito de evidenciar os problemas encontrados na análise do sistema de abastecimento de água do município, no qual foi necessário identificar quais ações tem maior prioridade de execução. Os itens avaliados consistem nos déficits listados a partir dos estudos preliminares já descritos.

O método empregado é uma importante ferramenta, amplamente utilizada em planejamento de projetos, auxiliando em tomada de decisões, definição de metas e estratégias a serem tomadas. Essa matriz é utilizada para elaborar um ranking dos problemas, com o objetivo de priorizá-los (GOMES, 2006), cujos elementos constituintes são conceituados conforme o Quadro 5.

Quadro 5 - Conceito dos critérios avaliativos da Matriz GUT

G	Gravidade	Impacto do problema sobre as coisas, pessoas, resultados, processos ou organizações e efeitos que surgirão em longo prazo, caso o problema não seja resolvido.
U	Urgência	Relação com o tempo disponível ou necessário para resolver o problema.
T	Tendência	Potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema.

Fonte: Daychoum (2007).

A construção da matriz GUT permite organizar um ranking dos problemas identificados no sistema, considerando a gravidade, urgência e tendência. Para essa elaboração serão utilizados critérios de análise que permitem classificar em ordem decrescente de pontos os

problemas a serem atacados na melhoria do processo (GOMES, 2006). Para isso, de acordo com Oliveira et al (2016) são utilizados os seguintes passos:

1. pontuar cada elemento de acordo com sua intensidade e efeito;
2. multiplicar os valores atribuídos a cada situação;
3. priorizar o ponto com maior valor de resultado.

Para determinação da pontuação, foi realizada uma consulta com 15 especialistas da área de saneamento ambiental e recursos hídricos por meio da aplicação de questionário (Apêndice 1). A determinação dos pesos feita com base na revisão de literatura (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação da matriz GUT

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência	G x U x T
5	Extremamente grave	Intervenção imediata	Irá piorar caso nada seja feito	5 x 5 x 5 = 125
4	Muito grave	Urgente	Irá piorar em curto prazo	4 x 4 x 4 = 64
3	Grave	Deve ser resolvido o mais rápido possível	Irá piorar em médio prazo	3 x 3 x 3 = 27
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Irá piorar a longo prazo	2 x 2 x 2 = 8
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Situação não irá mudar	1 x 1 x 1 = 1

Fonte: Adaptado de Montania & Philippi (2018) e Oliveira et al. (2016).

Como intuito de eliminar *outliers*, realizou-se a média expurgada dos pesos atribuídos pelos especialistas conforme indicado por Francisco et al. (2008), que corresponde as médias dos pesos que satisfazem a condição expressada no intervalo da Equação 1. Onde, \bar{x} é a média das pontuações atribuídas; σ é o desvio padrão; e x_i é a pontuação atribuída para cada elemento.

$$[1] \bar{x} - \sigma \leq x_i \leq \bar{x} + \sigma$$

Também foram sugeridas metas para execução dessas ações com base na literatura existente e considerando que essas ações impactam diretamente o pleno funcionamento do sistema e otimização do serviço (Tabela 6). O período estabelecido foi concordante com o nível de prioridade resultante da matriz GUT, sendo estes: curto, médio e longo prazo.

Tabela 6 - Prazo para implantação das ações considerando os resultados da Matriz GUT

G x T x C	Prazo
64 - 125	Curto (0 – 2 anos)
9 - 64	Médio (2 – 5 anos)
< 8	Longo (> 5 anos)

Fonte: A autora (2021).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 LOCALIZAÇÃO

O município de estudo (Figura 3) está localizado na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Imediata de Guarabira, distante 102 km da capital paraibana, João Pessoa (IBGE, 2017).

Casserengue compreende uma área territorial de 201,379 km² e uma densidade demográfica de 35,05 hab/km². Limita-se com os municípios de Solânea, Arara, Algodão de Jandaíra, Barra de Santa Rosa, Damião e Cacimba de Dentro (IBGE, 2017).

Figura 3 - Localização do município



Fonte: A autora (2021).

4.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS, VEGETAÇÃO E PEDOLOGIA

O município de Casserengue localiza-se no Polígono das Secas. Está inserido no semiárido e o regime climático é quente, com chuvas de inverno. O período chuvoso compreende os meses de fevereiro a agosto e a precipitação média anual é da ordem de 750mm (CPRM, 2005). Possui temperaturas elevadas durante todo o ano, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração, com irregularidade na distribuição das chuvas e sucessão de períodos prolongados de estiagem, características que assolam os recursos hídricos locais (GUIMARÃES et al, 2016).

Encontra-se inserido no bioma da Caatinga (IBGE, 2019), caracterizado por uma vegetação que se adapta ao período da seca e é composta por árvores baixas, espinhos, troncos tortuosos apresentando folhas que caem em época de estiagem. A cobertura vegetal do município é a Savana-Estépica Arborizada (IBGE, 2020), com características da Caatinga Hipoxerófila e pequenas áreas de Florestas Caducifólia (CPRM, 2005).

A Caatinga Hipoxerófila possui formação vegetal da caatinga com menor grau de xerofitismo, ou seja, menor capacidade da planta resistir ou tolerar à seca fisiológica. Já Floresta Caducifólia caracteriza-se por floresta com árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação das secas (IGBE, 2012).

A especificação dos solos de uma região é indispensável para realização de estudos e concepção porque informa sobre a capacidade de recarga do lençol freático, dos níveis de percolação e do nível de proteção dos cursos d'água e das nascentes, facilitando o entendimento da dinâmica da água e dos processos erosivos. O clima, a vegetação e a hidrologia influenciam nas características do solo.

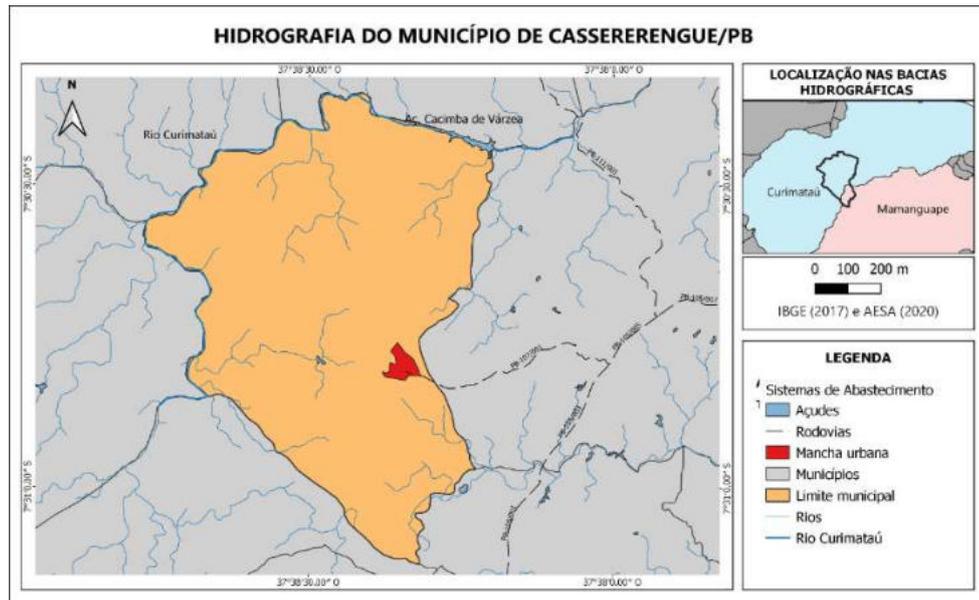
Isto posto, o município tem uma formação pedológica com três tipos predominantes de solo. Quanto à tipologia, os Neossolos são dominantes em Casserengue e ocupam 94% do território municipal, sendo 79% Neossolo Litólico Eutrófico, distribuído na porção central que inclui a área urbana, e 15% do Neossolo Regolítico Eutrófico, ocupando a faixa sul (EMBRAPA, 1999).

4.3 HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

O município de Casserengue está inserido majoritariamente na bacia hidrográfica do rio Curimataú, de domínio federal, abrangendo uma área total de 4.254,6 km², a maior parte compreendendo a porção paraibana com 3.345 km² (78,6%) e 909,6 km² (21,4%) da área de drenagem situada no Rio Grande do Norte.

O Rio Curimataú é o principal corpo hídrico da cidade de Casserengue. Todos os cursos d'água que cortam a área urbana e rural têm regime de escoamento intermitente, ou seja, reduzem o volume ou secam completamente nos períodos de estiagem, e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005). A hidrografia do município pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Hidrografia do município



Fonte: A autora (2021).

Já o principal sistema de reservatório existente no município foi construído em 1980, denominado açude Cacimba da Várzea, e possui capacidade máxima de 9.264.321,00 m³. Segundo a ANA (2016), o levantamento de campo indicou problemas de qualidade nas águas do reservatório, não sendo possível destiná-lo a demandas de abastecimento urbano, abastecimento rural, dessedentação de animais, irrigação ou indústria.

A área de estudo está localizada no domínio hidrogeológico cristalino, que se constitui de uma área de rochas cristalinas, pouco favorável ao armazenamento e circulação de águas subterrâneas. O aquífero é classificado como fissural, constituídos basicamente de rochas ígneas não vulcânicas e metamórficas, como granitos grosseiros, porfiróides, geralmente desenvolvendo aureólas termometamórficas. Com subsistema aquífero livre, restrito a zonas fraturadas (CPRM, 2014).

As vazões produzidas por poços perfurados nessa região, geralmente, são pequenas, e as águas provenientes desse aquífero apresentam características salinas em função da falta de circulação e do tipo de rocha; seu aproveitamento é feito por meio de poços tubulares de até 30 metros (CPRM, 2005).

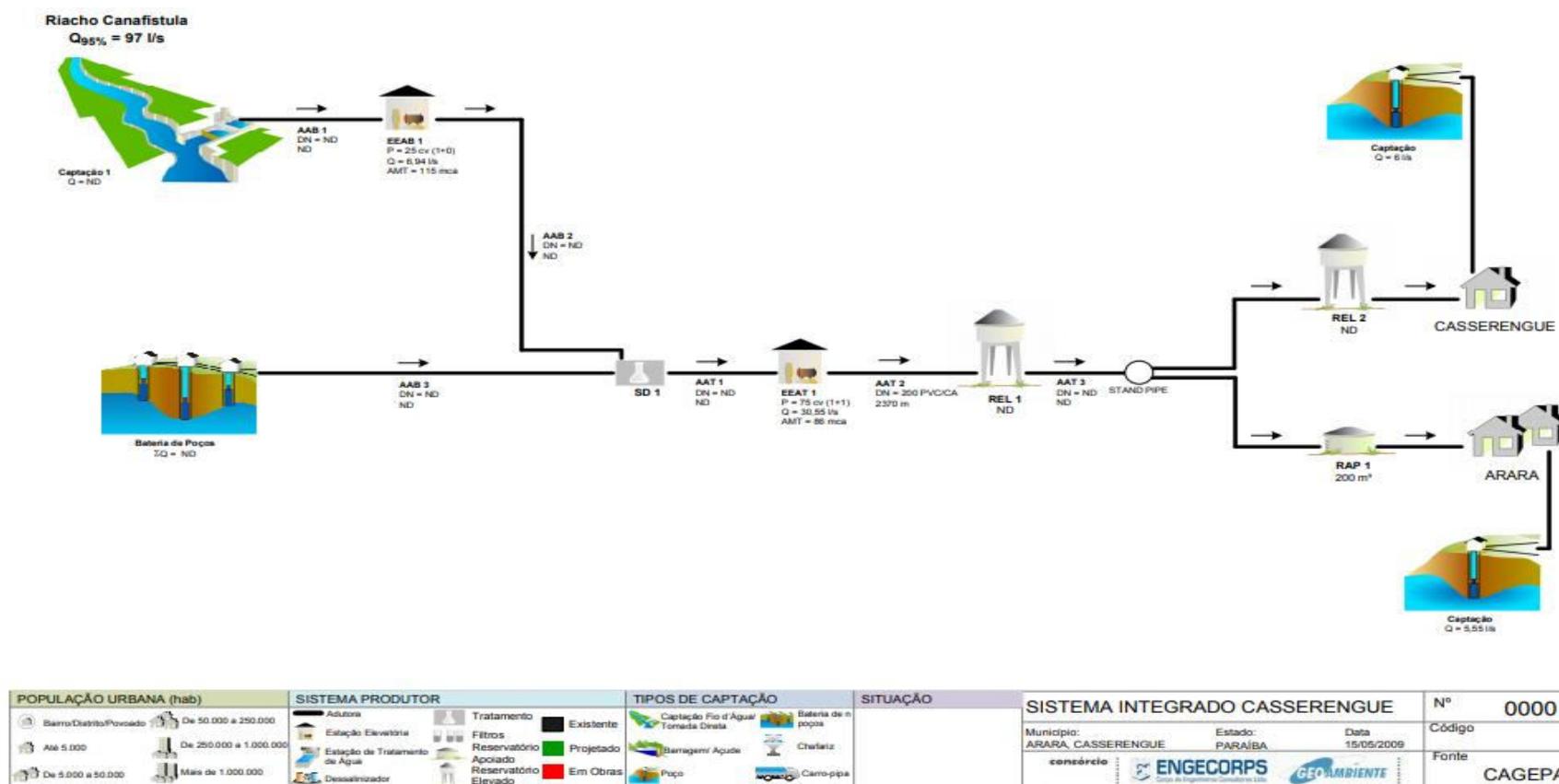
4.4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO EXISTENTE

Segundo dados coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o panorama do município de Casserengue com relação ao abastecimento de água:

- Zona Urbana: 94% dos domicílios urbanos tem acesso ao abastecimento de água por meio de rede geral, 5% possuem outras formas de abastecimento e 1% utilizam água armazenada em cisternas de captação de água de chuva;
- Zona rural, 57% utilizam água armazenada em cisternas de captação de água de chuva, 42% possuem outras formas de abastecimento de água, enquanto 23% utilizam poço ou nascente e apenas 1% dos domicílios têm acesso através de rede geral.

De acordo com informações da ANA (2010), o SISTEMA INTEGRADO CASSERENGUE é o responsável por atender aos municípios de Casserengue e Arara. Conforme a Figura 5, o SAA de Casserengue é composto por adutoras, estações elevatórias e reservatórios elevados. A captação é feita do Riacho Canafistula, com vazão mínima de permanência ($Q_{95\%}$) de 97 L/s, além de poços tubulares (Figura 5).

Figura 5 - Sistema de Abastecimento de Água existente no município de Casserengue

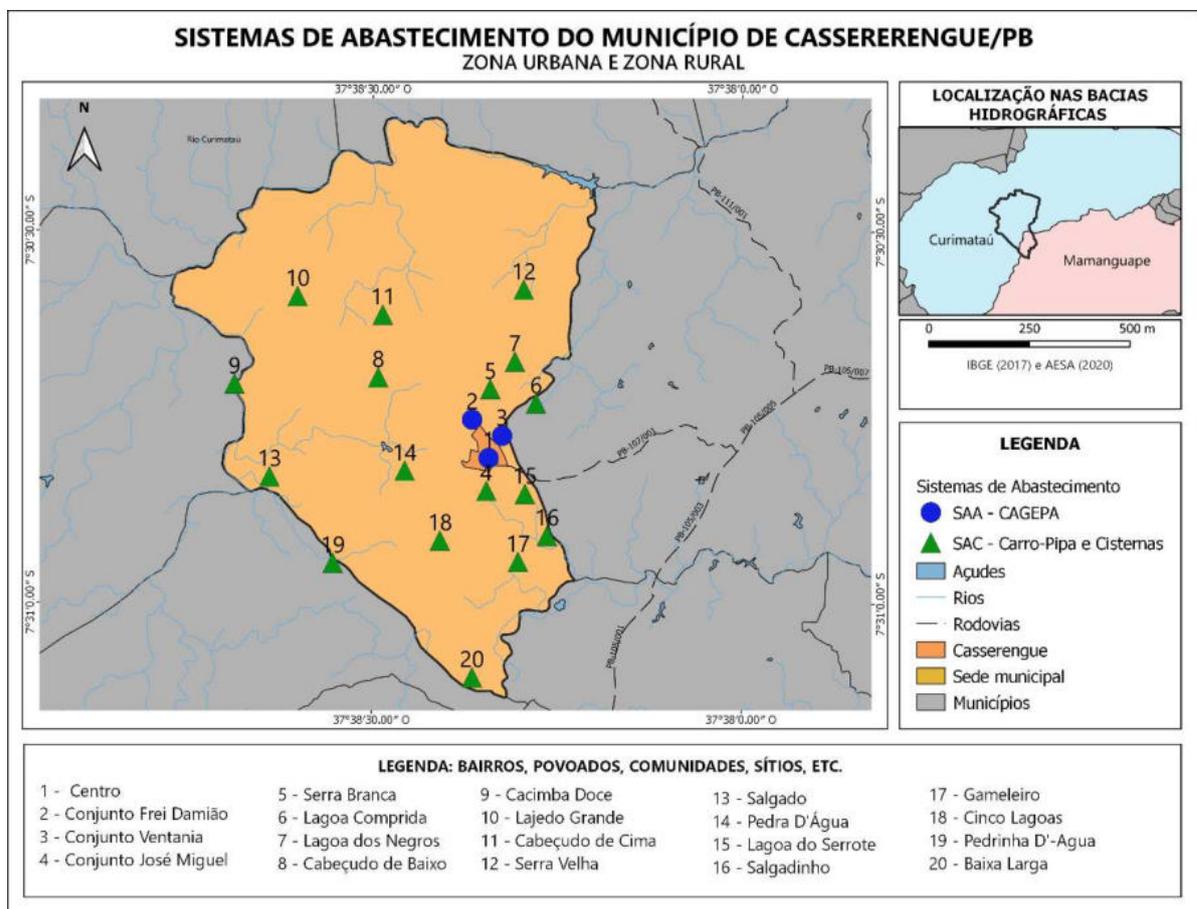


Fonte: ANA (2010).

A gestão do sistema de abastecimento de água no município é feita pela CAGEPA, por meio de contrato de concessão, sendo este responsável pela prestação de serviços na zona urbana. O abastecimento da zona urbana é feito por meio de rede de distribuição, e segundo dados do SNIS (2018) a população urbana com acesso a água é 3.641 habitantes.

Na zona rural, são utilizadas soluções alternativas para o abastecimento. Segundo PMSB/UFCG (2021, no prelo), o fornecimento de água é feito por meio de SAC, através de carros-pipa da prefeitura e do exército, que abastecem as cisternas e caixas d'água da população. O panorama geral dos sistemas nas comunidades está exposto na Figura 6.

Figura 6 - Sistemas de Abastecimento em Casserengue/PB



Fonte: Adaptado de PMSB/UFCG (2021, no prelo).

Segundo informações atualizadas da CAGEPA, a cidade de Casserengue tem como manancial principal a Barragem Nova Camará (Figura 7), além de duas fontes naturais (Fonte da Aldeia e Fonte da Mata) e um poço amazonas (Captação da várzea do terreno e poço amazonas) que abastecem o Sistema com vazão máxima de 67m³/h. Vale salientar que essas

informações fornecidas recentemente divergem do sistema descrito pela ANA (2010) (Figura 5), devido a adaptações no SAA.

O manancial principal fica localizado no município de Alagoa Nova, a aproximadamente 28,3 km da sede municipal.

Figura 7 - Imagem de Satélite da Barragem Nova Camará, localizada no município de Alagoa Nova



Fonte: Google Earth (2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DE INDICADORES

A análise de indicadores permitiu realizar uma caracterização econômico-financeira, operacional, e de qualidade quanto ao sistema de abastecimento, a partir das informações presentes no SNIS referente aos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019. Vale ressaltar que os dados presentes no SNIS são coletados a partir da resposta voluntária dos prestadores de serviços de saneamentos aos questionários disponibilizados, podendo, assim, conter inconsistência no repasse das informações.

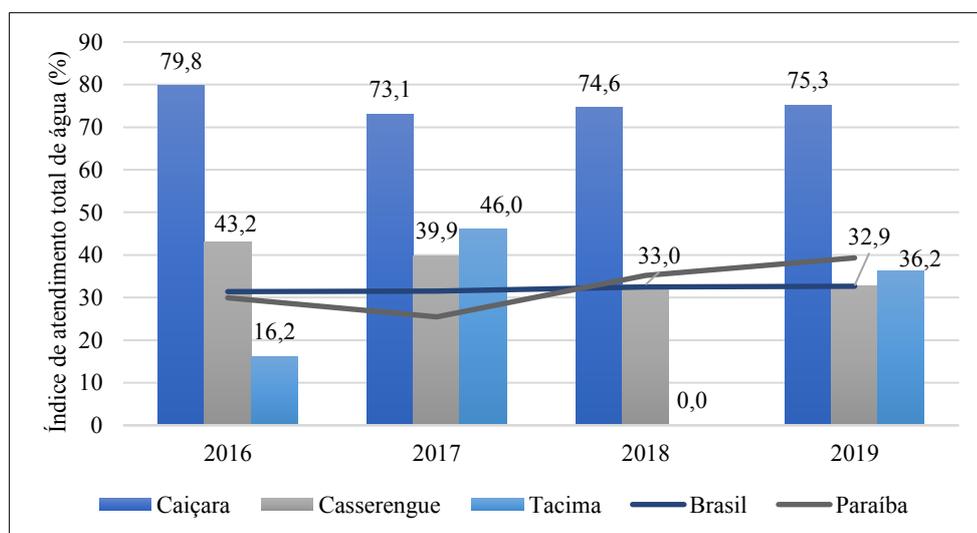
5.1.1 Desempenho Operacional

i. Índice de atendimento total de água (%) – IN055

A partir da respectiva equação e das informações obtidas no banco de dados do SNIS, foi possível avaliar o desenvolvimento ao longo dos anos de 2016 a 2019 para Casserengue e os outros dois municípios analisados para fins de comparação, e relacioná-los com as médias estaduais e nacionais, as informações foram expostas na Figura 8.

Ao longo dos anos observados, o município de Casserengue apresentou índices abaixo de 45%, com uma tendência de decréscimo, que representa um subdesenvolvimento do sistema. O desempenho também está abaixo das médias da Paraíba, Brasil e também de Caiçara, que apresentou bons resultados para este indicador.

Figura 8 - Índice de atendimento total de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019)

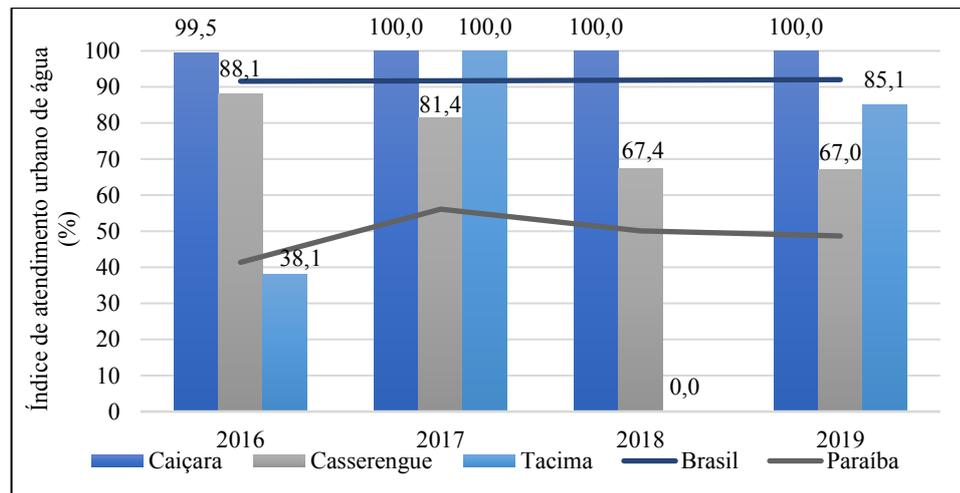


Fonte: SNIS (2019).

ii. Índice de atendimento urbano de água (%) – IN023

Esse indicador reflete o índice de cobertura do sistema para a população urbana do município. Analogamente ao item anterior, as informações foram expostas na Figura 9.

Figura 9 - Índice de atendimento urbano de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

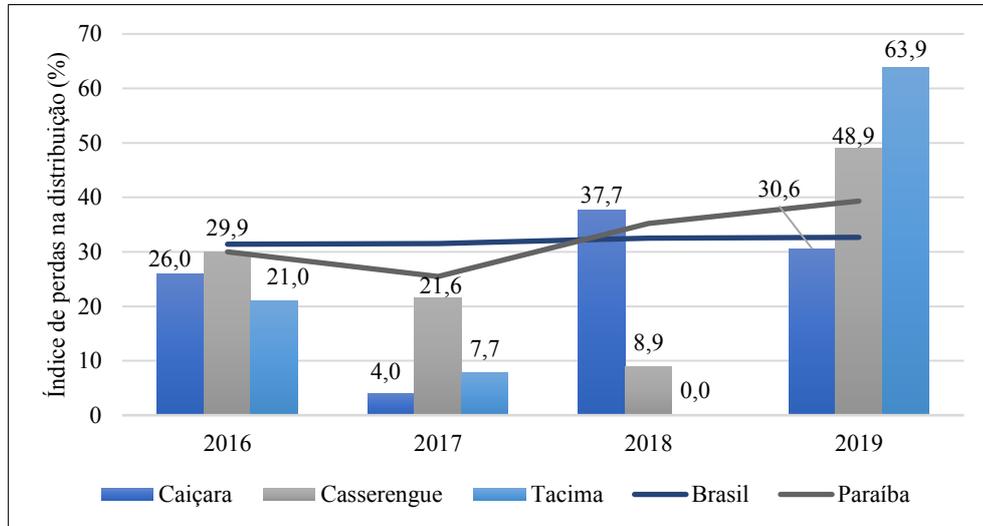
É notório que houve um retrocesso quanto ao atendimento urbano de água. Em 2016, cerca de 88,1% da população do município de Casserengue era atendida pelo SAA existente. As informações demonstram que não foi feita expansão do sistema para atender o crescimento da população. Em 2019 o índice alcançou apenas 67%, acima da média estadual, porém abaixo da média nacional e também dos demais municípios utilizados para comparação, evidenciando um déficit e necessidade de ampliação do sistema existente.

iii. Índice de perdas na distribuição (%) – IN049

Com o auxílio da equação e os dados fornecidos pelo SNIS, pode-se obter o IN049 para o município de Casserengue, Caiçara e Tacima, e compará-las com as médias nacionais e estaduais, as informações estão expostas na Figura 10.

Para o município de Casserengue, observa-se que no ano de 2019 houve um aumento de 40,03% com relação a 2018. Vale salientar que no ano de 2019, o nível de perdas de Casserengue e Tacima estiveram acima das médias nacionais e estaduais, os três estando acima de 30%, e evidenciando a necessidade de maiores esforços na diminuição das perdas de água na distribuição.

Figura 10 - Comparação de índices de perdas na distribuição para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)



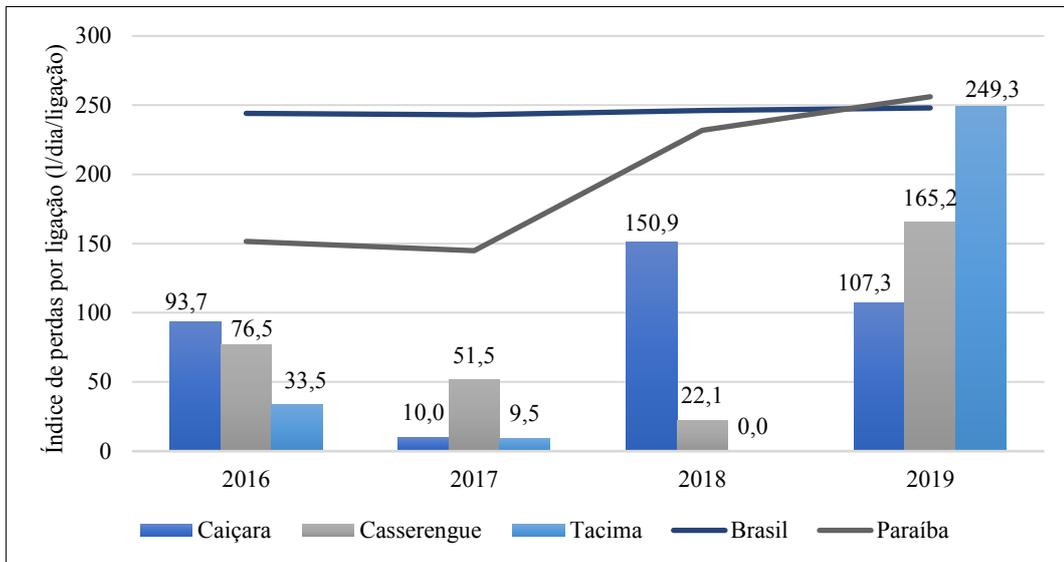
Fonte: SNIS (2019).

Para controle dessas perdas, algumas ações podem ser propostas para a minimização, sendo elas redução de vazamentos, melhorias estruturais na rede de distribuição, combate a fraudes e ligações inativas e clandestinas, investimentos na qualidade da mão de obra, instalação de hidrômetros adequadas a faixa de consumo, bem como sua manutenção e troca periódica, automação nas leituras e calibração na micromedição (ABES, 2015).

iv. Índice de perdas por ligação (l/dia/ligação) – IN051

A partir da Figura 11, observa-se que os índices estão abaixo das médias nacionais e estaduais e não apresentam tendência clara quanto ao crescimento ou decréscimo de resultados. Em 2019, Casserengue obteve um índice de 165,18, que apresentou um incremento substancial da ordem de 143,07 l/dia/ligação para este indicador com relação a 2016, esse aumento também ocorreu nos demais municípios analisados. Os resultados mantiveram-se no intervalo do parâmetro ótimo, o que não condiz com a realidade do município apresentada pelo IN049.

Figura 11 - Comparação de índices de perdas por ligação para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)

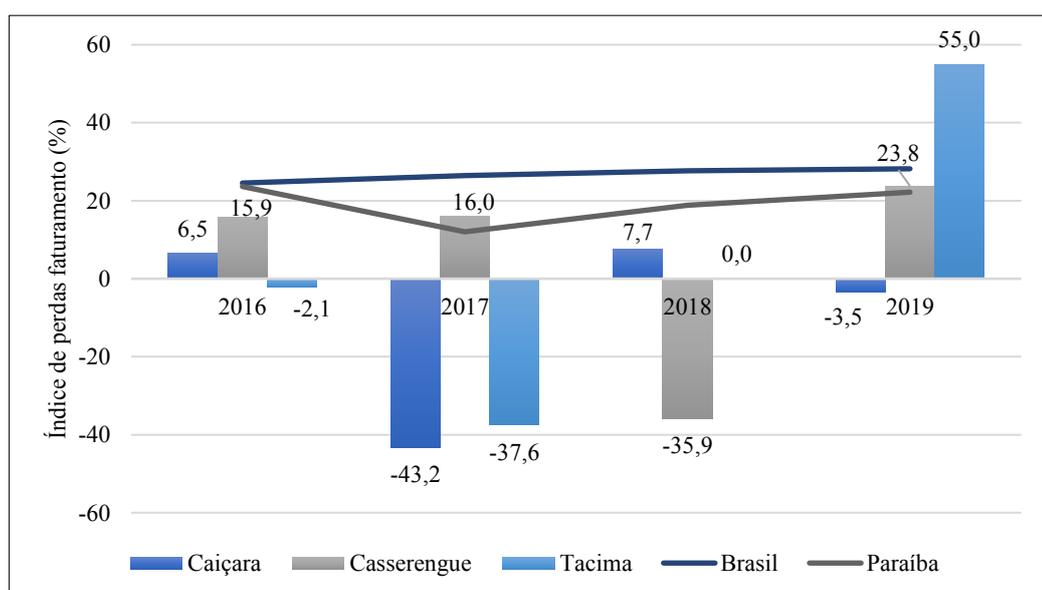


Fonte: SNIS (2019).

v. Índice de perdas faturamento (%) – IN013

O índice de perdas no faturamento fornece uma visão da água que é produzida e não é faturada. A redução das perdas de faturamento, aumenta a disponibilidade hídrica para utilização e ganhos financeiros para os operadores (SNIS, 2020). Os resultados para este indicador estão expostos na Figura 12.

Figura 12 - Comparação de índices de perdas faturamento para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)



Fonte: SNIS (2019).

Com base na Figura 12, até o ano de 2018, os três municípios analisados mantiveram-se com níveis de perdas inferiores ou aproximadamente 15%, que estão dentro das condições adequadas e abaixo das médias nacionais e estaduais. Já em 2019, nota-se um aumento para Casserengue e Tacima, com respectivamente 23,78% e 54,96% cada.

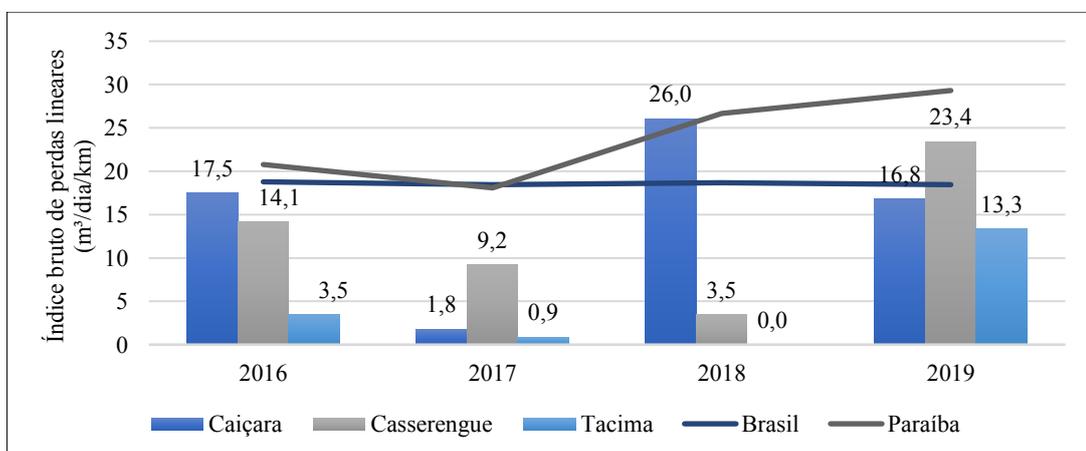
Espera-se que haja uma correlação entre o Índice de perdas na distribuição e o índice de perdas no faturamento, partindo do pressuposto de que, se o sistema é eficiente em sua distribuição, deve possuir baixos níveis de perdas na distribuição e também no faturamento, o que ocorreu para o município de Tacima, que apresentou altos índices de perdas em 2019. No entanto, isto não se confirma ao analisar os resultados para Casserengue, em 2019, o município apresentou 48,93% de perdas na distribuição (grande potencial de redução de perdas) e 23,78% nas perdas de faturamento (situação regular), analogamente ocorreu com Caiçara, as perdas foram respectivamente 30,57% (grande potencial de redução de perdas), e -3,45% (dentro do intervalo do valor ótimo).

Os valores negativos presentes nos gráficos, podem ser atribuídos as informações sobre o volume faturado e o volume produzido de água que compõem o cálculo deste indicador. Especificamente para Casserengue, em 2018, o volume de água produzido foi de 72.780 m³/ano, menor que o volume de água faturado, da ordem de 98.940 m³/ano. Esses resultados podem estar relacionados a erro nas medições de consumo, tópico que será explorado posteriormente.

vi. Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km) – IN050

Esse indicador, corresponde às perdas na distribuição por km de rede, excluídos ramais prediais. Os dados obtidos estão expostos na Figura 13.

Figura 13 - Comparação de índices bruto de perdas lineares para Casserengue, Caiçara e Tacima com relação as médias estaduais e nacionais (2016 - 2019)



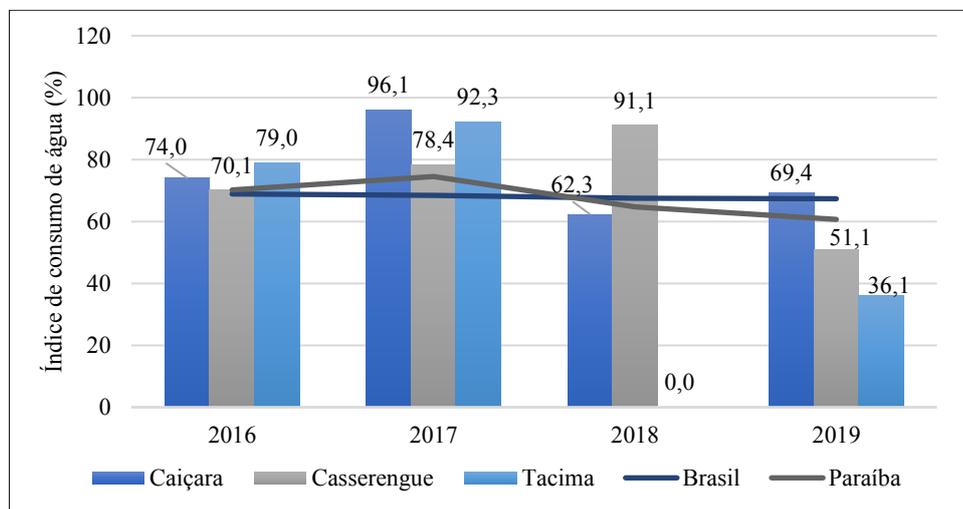
Fonte: SNIS (2019).

O aumento substancial deste indicador para o ano de 2019 em Casserengue, pode servir de alerta quanto a necessidade de ações de combate a perdas. Vale salientar que de acordo com os dados do SNIS, não houve ampliação na rede geral de Casserengue, que manteve 5,12 Km de extensão, o mesmo para o município de Tacima com 9,95 Km de extensão.

vii. Índice de Consumo de Água – IN052

De acordo com o SNIS, esse indicador fornece uma visão, em porcentagem, do volume que é consumido, com relação aquele que é produzido e distribuído. A Figura 14 fornece uma visão da evolução desse índice entre 2016 a 2019.

Figura 14 - Índice de consumo de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

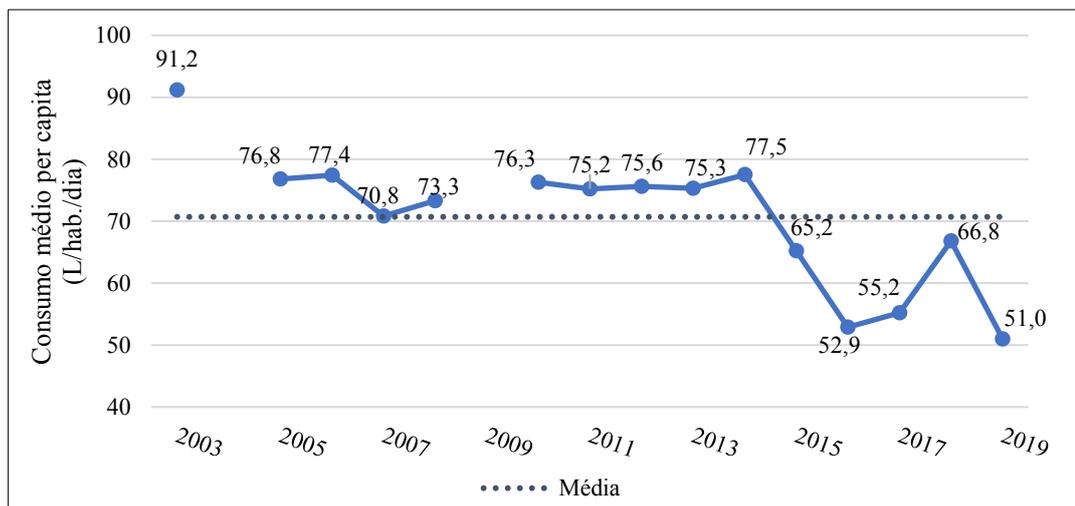
É notável o crescimento deste índice entre 2016-2018 para Casserengue, estando acima das médias nacionais e estaduais. Em 2019 houve uma baixa significativa do resultado, evidenciando que apenas 51% da água produzida e distribuída, está sendo de fato consumida pela população do município, comportamento semelhante ao de Tacima (exceto 2018, ano que o índice foi 0). O desempenho difere daquele apresentado por Caiçara, que apresentou um melhor desenvolvimento deste indicador ao longo dos anos estudados.

viii. Consumo médio per capita (l/hab./dia) – IN022

O consumo médio per capita, em L/hab.dia, é calculado através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a partir do volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela população atendida com abastecimento de água.

Levantou-se a série histórica desses consumos para o município de Casserengue entre os anos de 2003 e 2019. Tais dados são expressos na Figura 15.

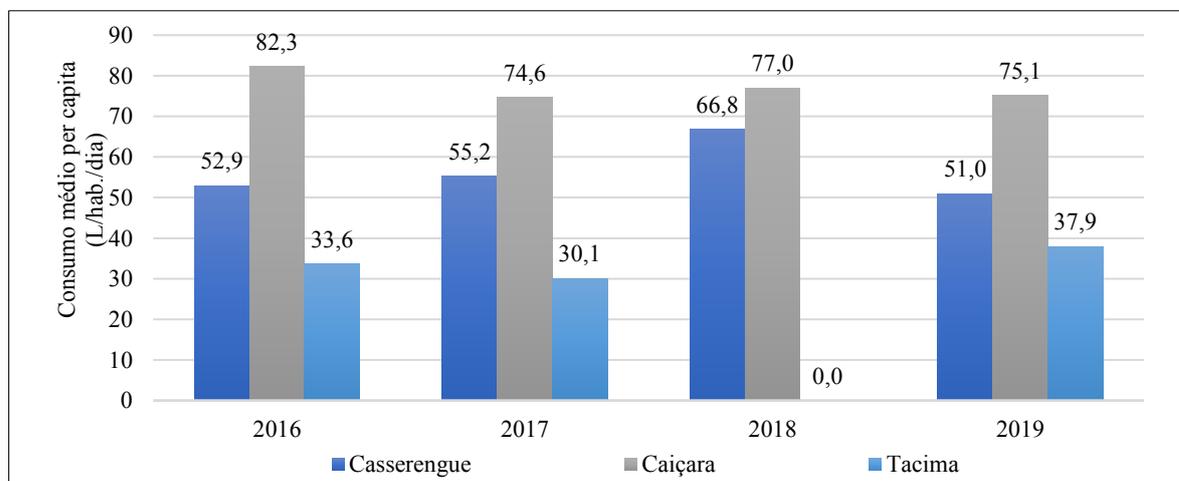
Figura 15 - Série histórica do consumo médio per capita, entre 2003 e 2019, do município de Casserengue



Fonte: SNIS (2019).

De acordo com a ONU, cada pessoa necessita de em média 110 litros de água por dia para atender as necessidades básicas. Observa-se que, de maneira geral, o consumo ao longo dos anos seguiu uma tendência de decréscimo, principalmente a partir de 2013, coincidente com o período de uma forte crise hídrica na região. O maior resultado encontrado, é referente ao ano de 2003, apresentando 91,2 L/hab./dia. A Figura 16 apresenta os resultados deste indicador para os 3 municípios analisados.

Figura 16 – Consumo médio per capita ao longo dos anos de 2016 – 2019 para Casserengue, Caiçara e Tacima.



Fonte: SNIS (2019).

Os índices do consumo para os três municípios são inferiores aos valores típicos para o porte da comunidade, conforme os intervalos apresentados por Von Sperling (1995) – Tabela 7.

Tabela 7 – Índices de consumo per capita por faixa de população

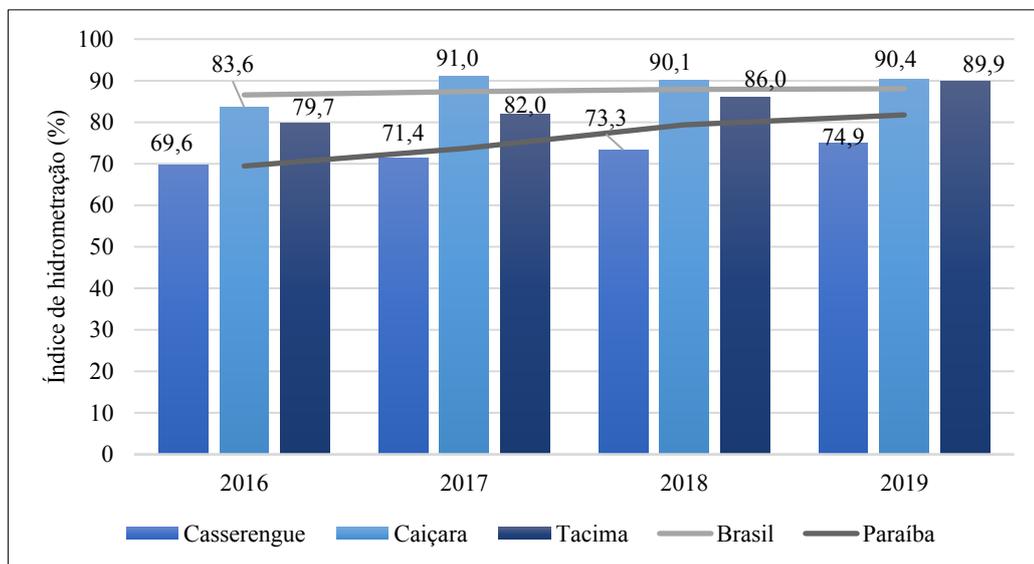
Faixa da População (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)
< 5.000	90 a 140
5.000 a 10.000	100 a 160
10.000 a 50.000	110 a 180
50.000 a 250.000	120 a 220
> 250.000	150 a 300

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (1995).

ix. Índice de Hidrometração – IN009

Na Figura 17, estão expostos os índices referentes ao período de tempo analisado de 2016-2019, para Casserengue, os demais municípios selecionados e médias da Paraíba e Brasil.

Figura 17 - Índice de hidrometração para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima com relação à média nacional e estadual (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

De acordo com os resultados, verifica-se que no município de Casserengue houve uma pequena evolução ao longo dos anos observados da ordem de 5%. No entanto, essa melhoria se manteve abaixo daquela comparada nos outros demais municípios, e da Paraíba e Brasil, evidenciando que ainda há muito a evoluir nesse sentido.

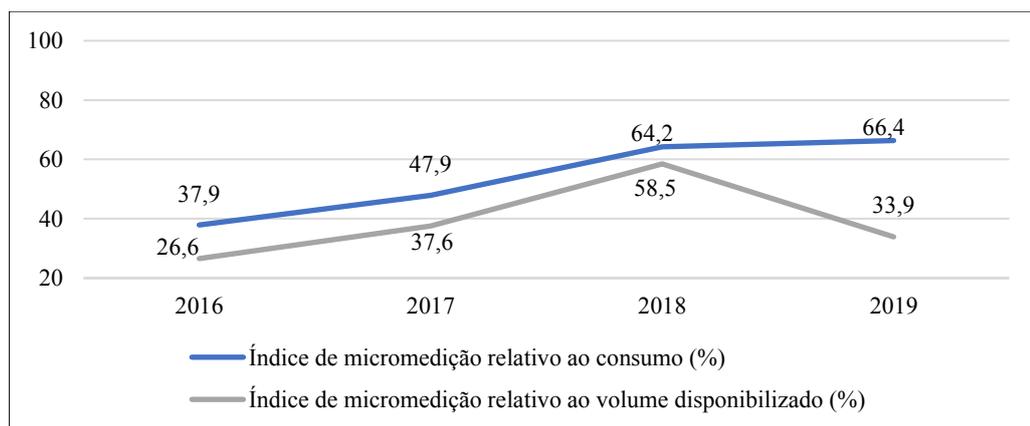
O uso de hidrômetros, bem como seu pleno funcionamento, está diretamente relacionado ao consumo, contribuindo para preservação do meio ambiente, auxiliando no controle de perdas, além do gerenciamento de custos com o intuito de prover a manutenção e implantação do sistema (ABES, 2015).

x. Índice de micromedição relativo ao consumo - IN044 e Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado - IN010

A seguir será exposta a comparação entre os índices de micromedição existentes no SNIS. Para ligações que não possuem micromedidores, é feita uma estimativa do volume consumido, utilizando como parâmetro hidrômetros de mesma categoria de uso.

Na Figura 18 tem-se um comparativo entre os índices de micromedição analisados para o município de Casserengue entre os anos de 2016 e 2019.

Figura 18 - Comparação de índices micromedição relativo ao consumo e ao volume disponibilizado (2016 - 2019).



Fonte: SNIS (2019).

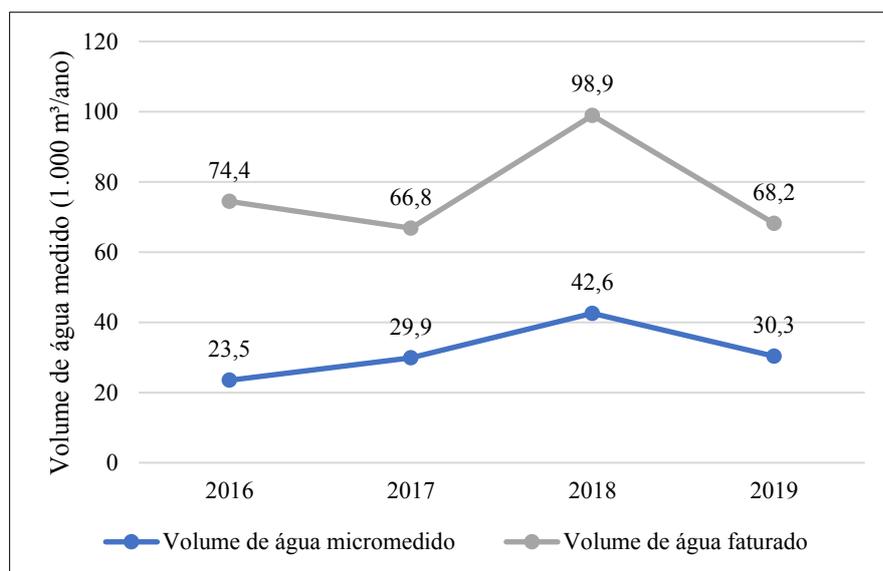
É possível observar, com base no SNIS (2019) que os índices IN044 ano de 2019 do Brasil era de 86% e 81,56% para a Paraíba e o IN010 foi, respectivamente de 58% e 49%. Utilizando como parâmetro para análise da situação da cidade, ambos os índices de micromedição, se mostraram abaixo das médias para o ano de 2019.

Subentende-se que deve haver uma relação entre os índices de micromedição e o índice de hidrometração, tendo em vista que o hidrômetro é o mecanismo utilizado para medir a água consumida pela população. No entanto, isso nem sempre ocorre, tendo em vista que a eficiência do serviço pode estar comprometida com relação ao número de hidrômetros instalados, com defeito, parados e descalibrados.

Observa-se que o índice de hidrometração evolui a passos lentos no município (Figura 17) semelhantemente ocorreu para o índice de micromedição relativo ao consumo, no entanto o IN010 não acompanha esse avanço para todos os anos. O volume disponibilizado utilizado para o cálculo deste indicador é obtido por meio de medidores na saída das ETAs. Esses equipamentos também necessitam de revisões periódicas e substituições, pois podem acarretar erros e inconsistências que comprometam a confiabilidade das medições.

Isto posto, a fim de se obter uma melhor visualização quanto a evolução da micromedição para o intervalo de tempo analisado, a Figura 19 apresenta os volumes micromedidos e volumes faturados para os respectivos anos. Ressaltando que o volume faturado engloba, além do volume micromedido, o volume faturado não medido.

Figura 19 - Comparação do volume de água micromedido e volume de água faturado para o município de Casserengue entre os anos de 2016 e 2019.



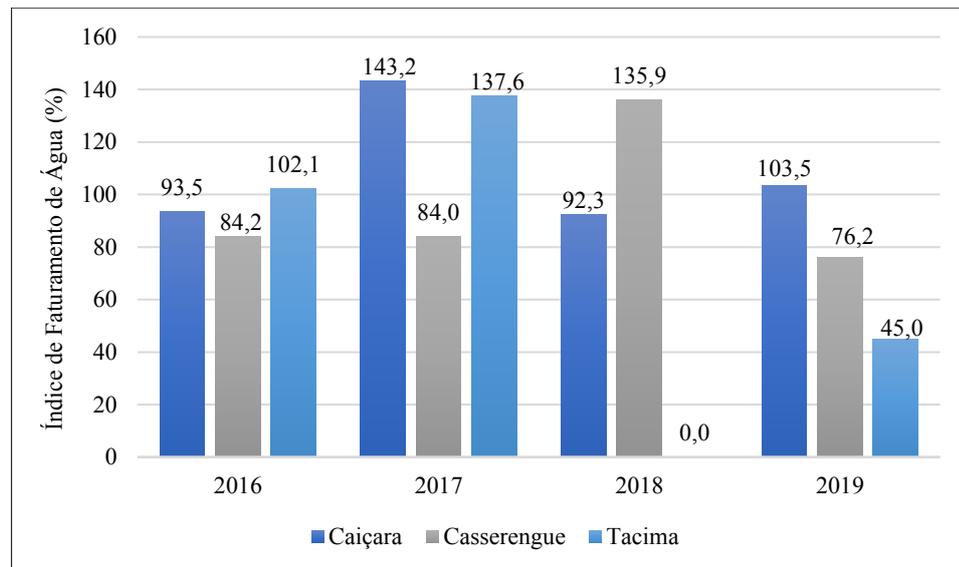
Fonte: SNIS (2019).

Através das informações extraídas da Figura 19, observa-se curvas com aclives e declives. De maneira geral, o distanciamento da curva do volume micromedido e o volume faturado exprime que o volume cobrado ainda está longe do volume real, tendo proporções significativas quanto ao volume estimado, evidenciando, a necessidade de ações e projetos com o objetivo de aumentar a eficiência das medições. Sendo assim, pode-se propor a revisão e troca dos hidrômetros, de forma que se aproximem o máximo possível dos 100% de hidrômetros em pleno funcionamento.

xi. Índice de faturamento – IN028

Este índice é a mensuração do que é faturado pela concessionária, com relação aquilo que é produzido. Os dados obtidos estão expostos na Figura 20.

Figura 20 - Índice de faturamento de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

O superfaturamento indicado pela presença de percentuais acima de 100% está relacionado as diferenças entre os volumes produzidos e faturados medidos para os municípios. Dessa forma, pode-se observar uma relação entre o IN028 e o IN013. Ao analisar o desempenho de Casserengue, constatou-se que em 2018, ao passo que obteve um índice de faturamento acima de 100%, o índice de perdas por faturamento foi negativo (Figura 12). Como já citado no tópico do referido indicador, a volume de água faturado no ano esteve acima do volume de água produzido. Esse fato pode estar relacionado a estimativa de consumo em locais que não possuem micromedidores, aliados a existência de hidrômetros quebrados e com falhas.

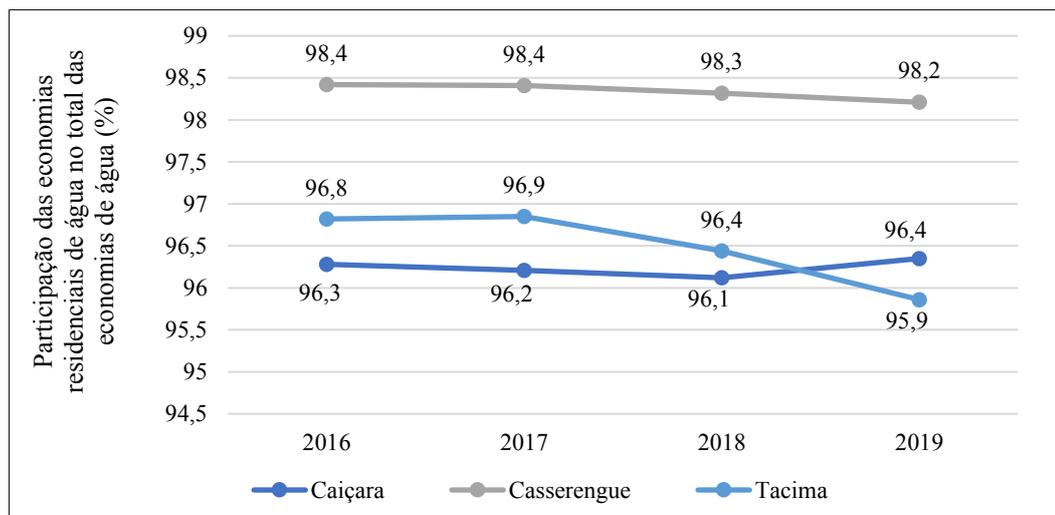
Casserengue também apresentou índice de 76,22% de faturamento para o ano de 2019, o menor entre o período analisado, que representou uma queda de 59,76% com relação ao ano anterior, o maior índice do período (135,94%).

Conforme Hamdan (2016), o aumento do faturamento é necessário para garantir o equilíbrio econômico financeiro do prestador de serviços, diminuindo, assim, o volume de água produzido, à medida que menor será a necessidade de produção e distribuição em excesso de água por economia, como compensação do volume consumido em ligações clandestinas.

xii. Participação das economias residenciais de água no total das economias de água – IN043

Esse indicador reflete em porcentagem a quantidade de economias residenciais ativas com relação ao total de economias do sistema. Os resultados para os municípios examinados estão apresentados na Figura 21.

Figura 21 – Participação das economias residenciais de água no total das economias de água para os municípios Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019).



Fonte: SNIS (2019).

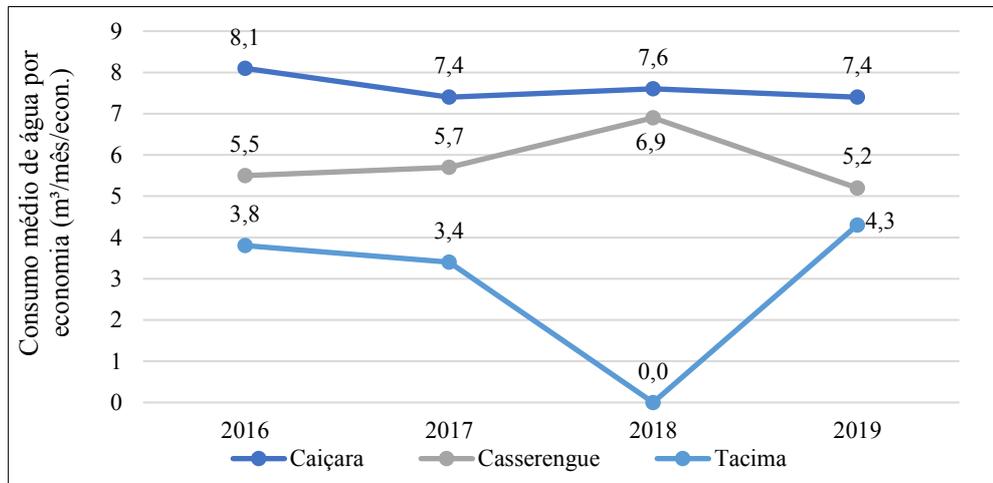
No geral, observa-se que não houve alteração significativa deste indicador para os municípios analisados, Casserengue manteve-se na faixa de 98%, variando menos de 1% ao longo dos anos, semelhantemente ocorreu para os municípios de Caiçara e Tacima.

xiii. Consumo médio de água por economia - IN053

Conforme as informações apresentadas na Figura 22 esse indicador reflete o perfil de consumo do usuário do sistema, é dado pela relação entre o volume consumido e a quantidade de economias ativas de água.

Observa-se que não há grande discrepância para os municípios analisados. Casserengue manteve-se na média de 5,8, com desvio padrão 0,75; ao passo que Caiçara apresentou uma média da ordem de 7,6 com desvio padrão de 0,33; para Tacima, com relação aos anos de 2016, 2017 e 2019, desprezando a informação incorreta presente no SNIS para o município em 2018, apresentou 3,8 m³/mês/economia, desvio padrão 0,45.

Figura 22 - Consumo médio de água por economia para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



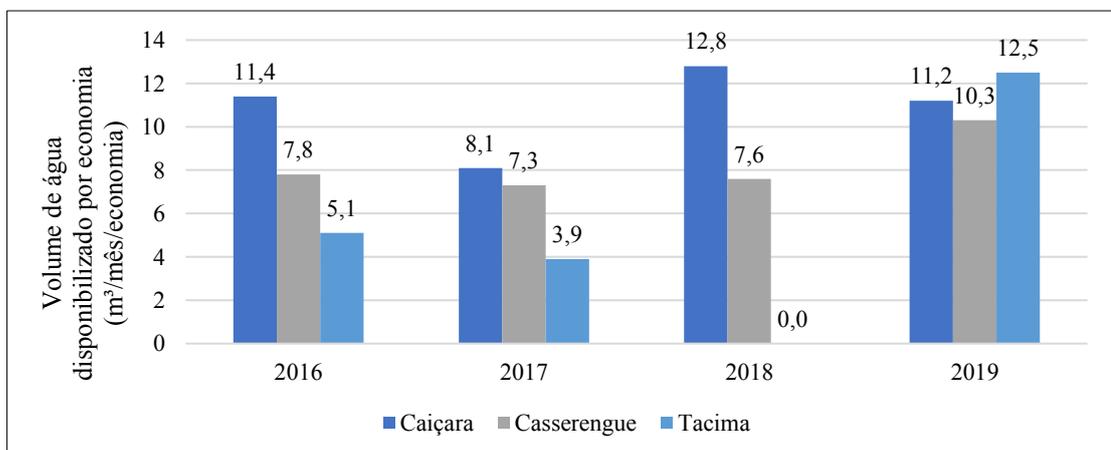
Fonte: SNIS (2019).

Através das informações extraídas na Figura 22, é possível correlacionar o perfil do usuário dos respectivos SAA. Considerando que para as três localidades, acima de 95% das economias são domiciliares, os 3 municípios apresentam valores abaixo da taxa mínima para este tipo de consumo - 10 m³ de água.

xiv. Volume de água disponibilizado por economia - IN025

A Figura 23 apresenta os índices nos anos de 2016 a 2019, para os 3 municípios analisados. O volume de água disponibilizado por economia para Caiçara, Casserengue e Tacima, apresentaram, respectivamente, médias menos representativas da ordem de 10,9, 8,2 e 5,4, com desvio padrão de 1,9, 1,4 e 4,6.

Figura 23 - Volume de água disponibilizado por economia para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

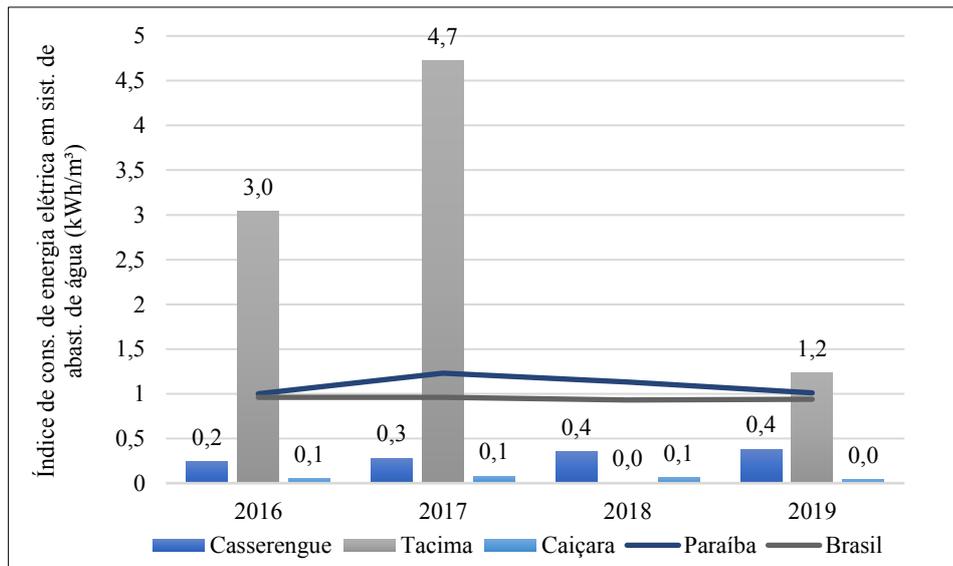
xv. Densidade de economias de água por ligação – IN001

Este indicador representa a quantidade de economias ativas de água, com relação ao número de ligações existentes. Para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima, este índice foi igual a 1, reforçando a característica de municípios de pequeno porte, com baixos índices de verticalização.

xvi. Índice de consumo de energia elétrica em sistema de abastecimento de água (kWh/m³) – IN058

A partir da Figura 24, pode-se observar que para Casserengue que é o principal município estudado, observou-se bons resultados, que estão abaixo dos valores de referência. No entanto houve um aumento gradual para este indicador ao longo dos anos, partindo de 0,24 para 0,40 kWh/m³.

Figura 24 - Consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



Fonte: SNIS (2019).

Ainda de acordo com SNIS (2020) a evolução deste índice é reflexo do desgaste gradativo das infraestruturas, envelhecimento gradual do sistema, ausência de manutenções preventivas, e também a escassez hídrica, que requer utilização de fontes mais distantes ou mais profundas aumentando, assim, o consumo energético.

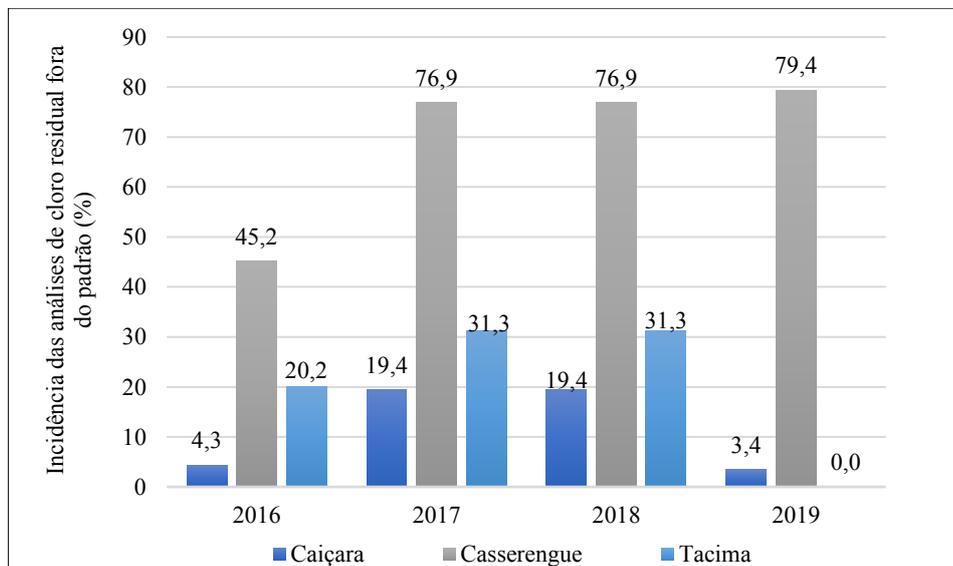
5.1.2 Desempenho de Qualidade

Foi realizada a tabulação de dados com relação as características físico-químicas e biológicas da água tratada nos sistemas analisados. Verificou-se a incidência das análises fora do padrão com relação aos parâmetros de cloro residual, turbidez e coliformes totais por meio dos indicadores do SNIS.

i. Incidência das análises de cloro residual fora do padrão – IN075

A partir das informações Figura 25 é notável que o município de Casserengue apresenta índices elevados fora dos padrões determinados pela Portaria nº 888 (BRASIL, 2021) ao longo dos anos, que determina que a água fornecida contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L. Tais resultados mostraram-se bastante superiores àqueles obtidos para Tacima e Caiçara, evidenciando irregularidades na qualidade da água que é distribuída, o que afeta diretamente a saúde da população abastecida.

Figura 25 - Incidência das análises de cloro residual fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)



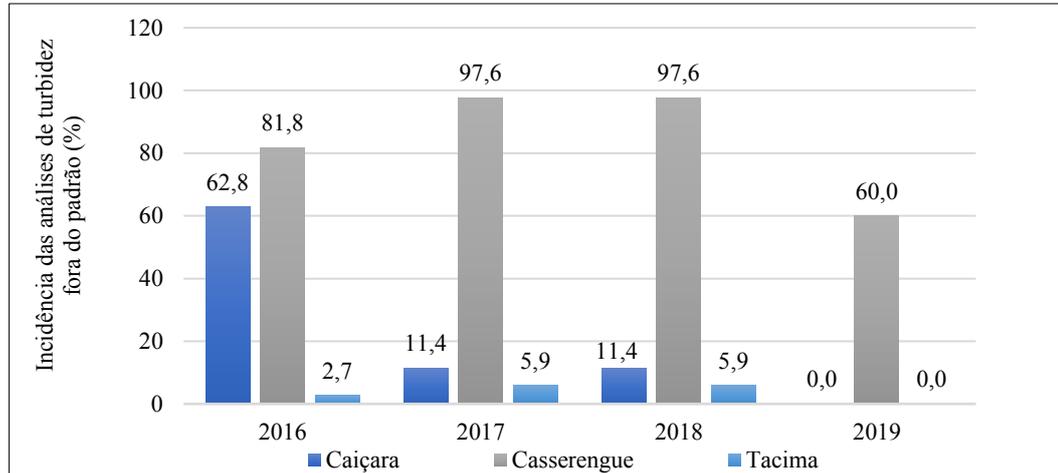
Fonte: SNIS (2019).

ii. Incidência das análises de turbidez fora do padrão – IN076

Sob viés dos dados apresentados na Figura 26, percebe-se que o município de Casserengue apresenta valores alarmantes para este indicador com relação aos demais municípios, com destaque para 2017 e 2018, mantendo incidência de 97,62%. Em 2019, o indicador apresentou uma baixa para 60% de análises fora dos padrões exigidos pelo Ministério

da Saúde. Essa análise permite observar que há uma necessidade de melhorias no sistema de abastecimento no que diz respeito a redução destes parâmetros.

Figura 26 - Incidência das análises de turbidez fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)

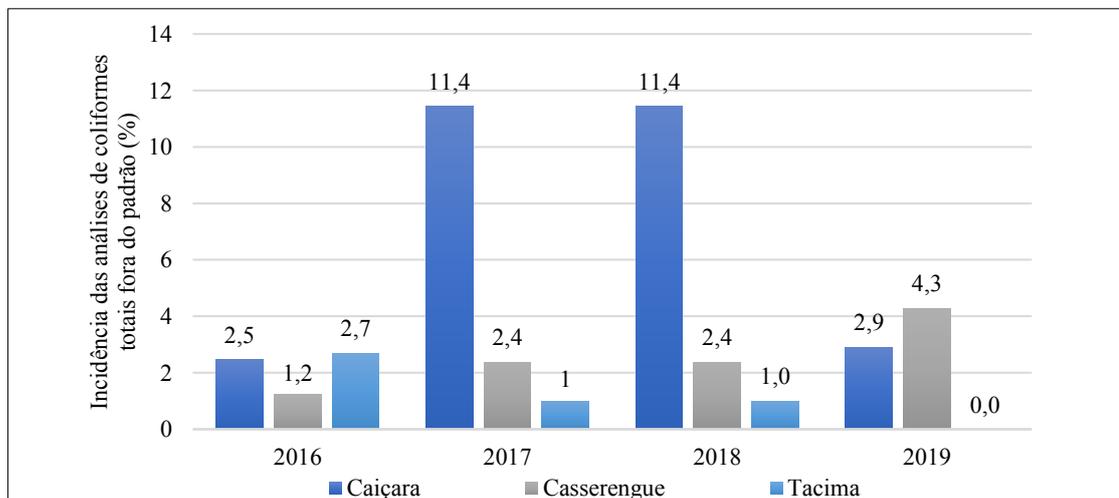


Fonte: SNIS (2019).

iii. Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão – IN084

A partir da Figura 27, observa-se que houve um crescimento gradual da incidência de análises fora dos padrões definidos para coliformes totais com relação a Casserengue, alcançando 4,29% de amostras no ano de 2019, semelhantemente a Caiçara que também é um destaque negativo, com parâmetros considerados altos no que diz respeito a qualidade da água distribuída.

Figura 27 - Incidência das análises de turbidez fora do padrão para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)

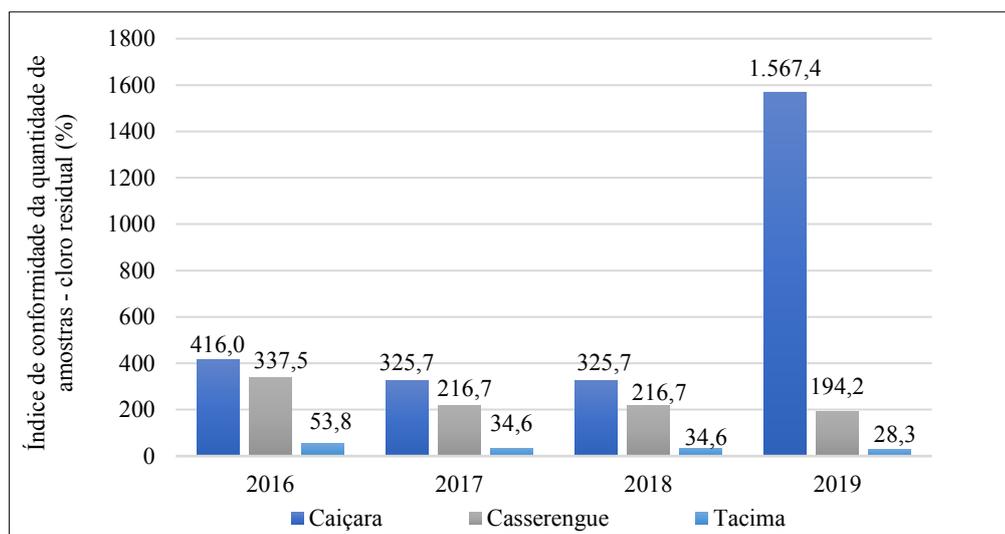


Fonte: SNIS (2019).

iv. Índice de conformidade da quantidade de amostras (cloro residual) – IN079

Para este indicador, os municípios de Casserengue e Caiçara apresentam uma quantidade maior de amostras analisadas do que a quantidade obrigatória conforme exigidas pelo Ministério da Saúde, os resultados diferem daqueles apresentados pelo município de Tacima, que apresenta déficit no que se refere as análises de amostras dos três indicadores (Figura 28).

Figura 28 – Conformidade da quantidade de amostras (cloro residual) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)

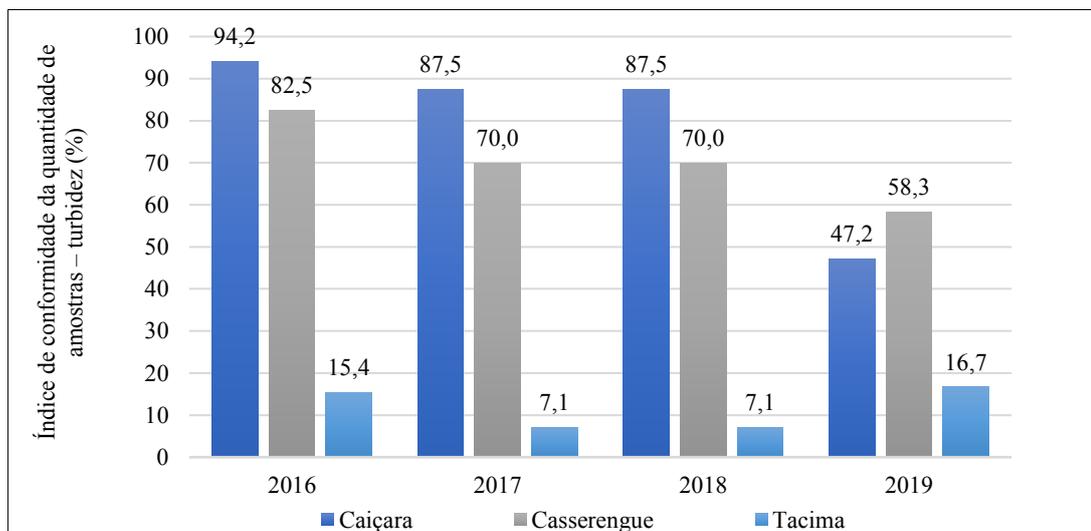


Fonte: SNIS (2019).

v. Índice de conformidade da quantidade de amostras (turbidez) – IN080

No que diz respeito ao IN080, os dois primeiros municípios apresentaram um decréscimo do índice ao longo dos anos, em 2019, alcançaram respectivamente 47,22 e 58,33% que evidencia uma falha quanto as observações necessárias e exigidas por norma (Figura 29).

Figura 29 - Conformidade da quantidade de amostras (turbidez) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)

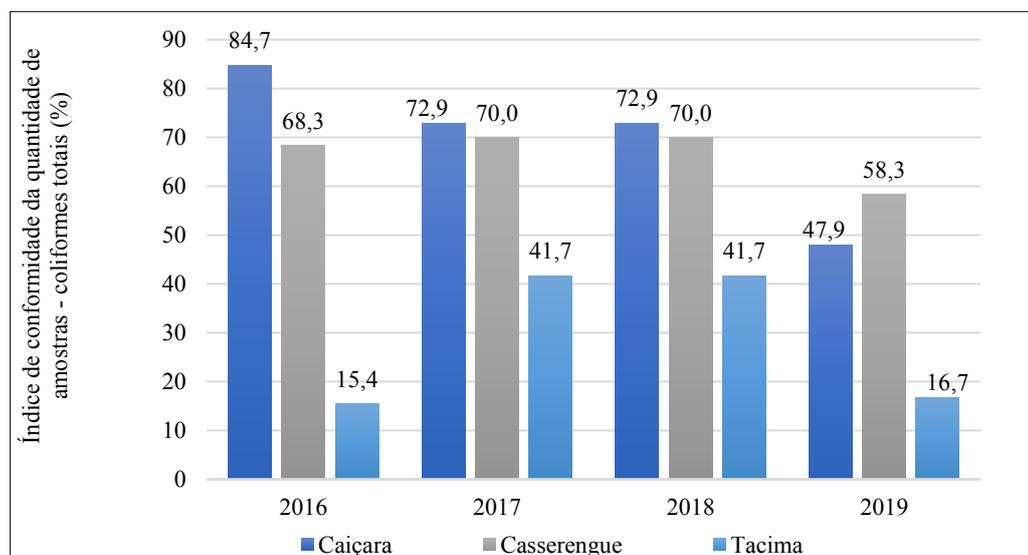


Fonte: SNIS (2019).

vi. Índice de conformidade da quantidade de amostras (CT) – IN085

Analogamente ao que foi verificado para o parâmetro anterior, houve um decréscimo dos índices para Casserengue e Caiçara, especificamente entre 2016-2019, alcançando respectivamente 47,92% e 58,33% de amostras coletadas e analisadas, com relação a quantidade obrigatória (Figura 30). Comprovando a indispensabilidade de ações que visem uma maior eficiência na coleta de amostras.

Figura 30 - Conformidade da quantidade de amostras (coliformes totais) para Caiçara, Casserengue e Tacima (2016-2019)



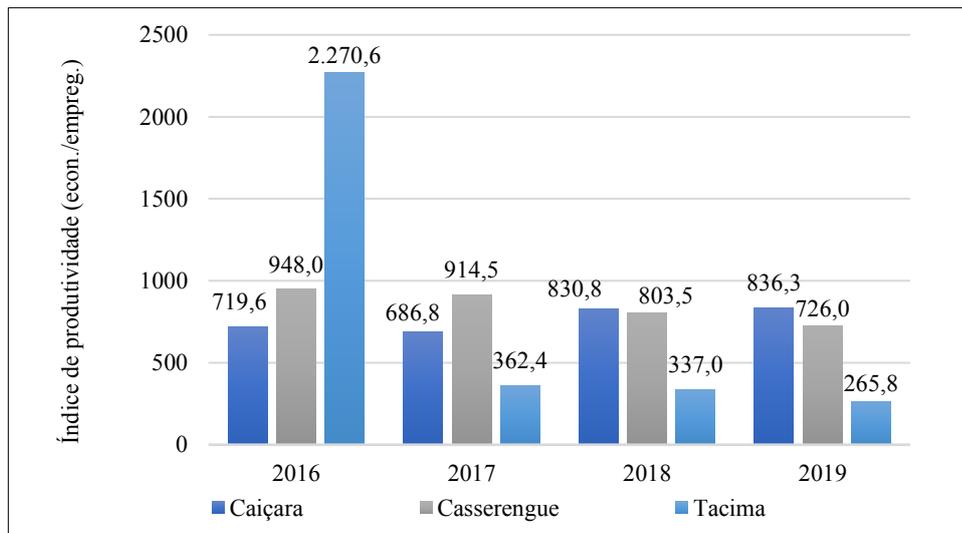
Fonte: SNIS (2019).

5.1.3 Desempenho Econômico-Financeiro e Administrativo

i. Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio – IN002

Este indicador, reflete a produtividade em relação a quantidades de economias ativas de água e esgoto, pela quantidade total de empregados próprios. A Figura 31 apresenta o comportamento ao longo dos anos para os municípios estudados, para fins de comparação.

Figura 31 - Índice de produtividade para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



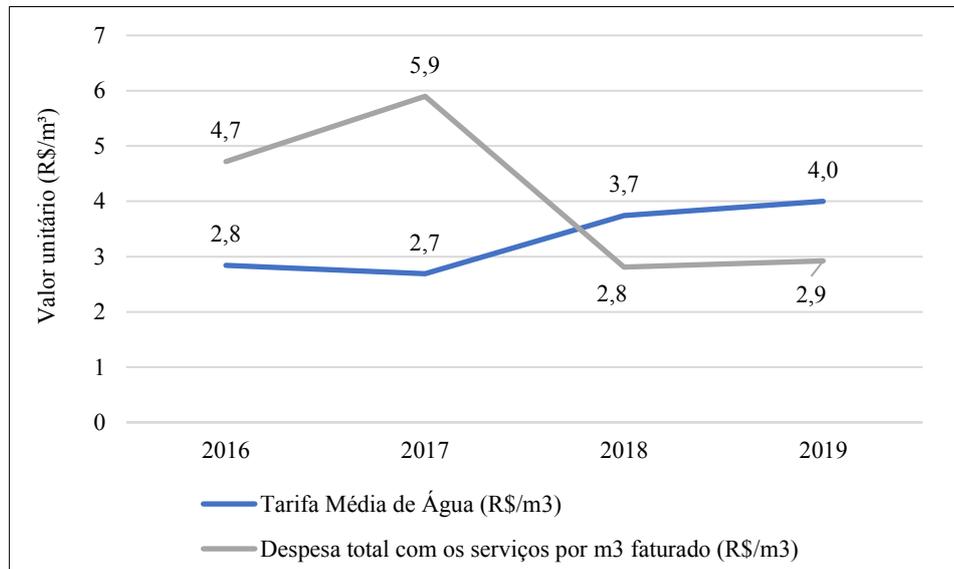
Fonte: SNIS (2019).

Para esse intervalo de tempo, os municípios apresentaram altos índices de produtividade, de maneira geral, exceptuando Tacima. Os dois primeiros municípios apresentaram índices acima da média estadual, com respectivamente, 836,25 e 726, com ressalva para o ano de 2019, cujo parâmetro de referência foi 510,02 econ./empregados.

ii. Relação entre a Tarifa média de Água – IN005 e Despesa total com os serviços faturados (DTM/m³) – IN003

O indicador IN005 reflete os custos totais do prestador a cada m³ faturado, já o IN003 é fração da receita operacional direta total, pelo volume de água fatura, o que não representa efetivamente a taxa cobrada pelo prestador (SNIS, 2020). A Figura 32 traz uma representação da evolução dos índices supracitados para efeitos de comparação.

Figura 32 - Evolução da tarifa média de água e a despesa total média por m³ (R\$/m³) em Casserengue para o período de 2016 - 2019



Fonte: SNIS (2019).

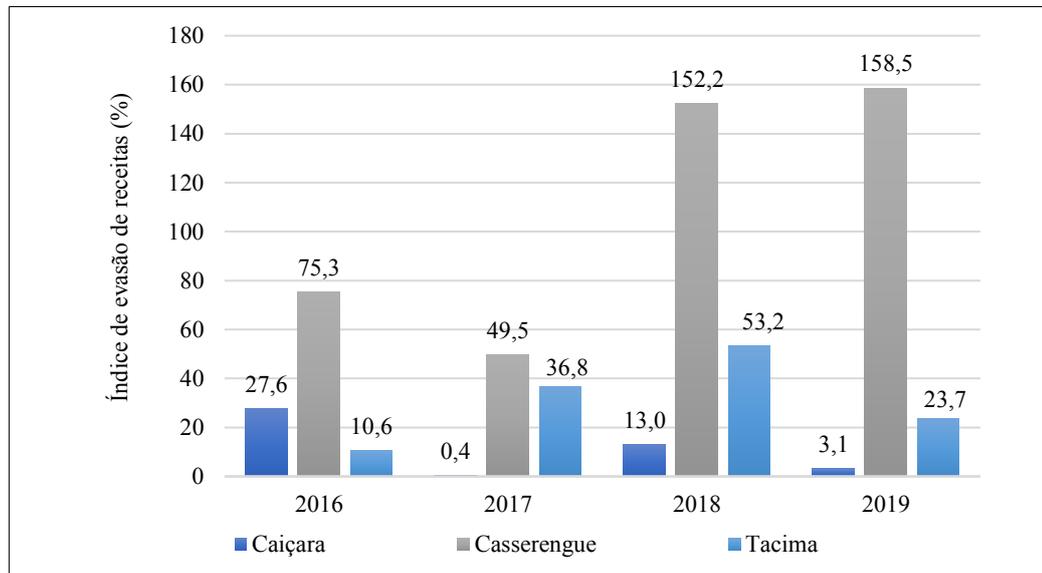
Os dados demonstram um déficit para os anos de 2016 e 2017, onde a tarifa média de água esteve abaixo da DTM/m³, que reflete uma maior dificuldade na manutenção do sistema e no bom desempenho econômico financeiro do SAA. Para 2018 e 2019, houve uma melhora no cenário com o aumento da tarifa média aplicada, refletindo, assim, um valor apurado acima dos custos totais. Vale ressaltar que para o ano de 2019 ambos os índices foram menores que a média nacional e estadual, sendo para a tarifa média de água 4,64 e 4,13 R\$, e para DTM/m³, 6,44 e 5,04 R\$, respectivamente.

iii. Índice de evasão de receitas – IN029

O IN029 é calculado a partir das receitas operacionais totais e a arrecadação total. Sendo a arrecadação o valor faturado pela prestadora, e a receita corresponde ao potencial de faturamento de acordo com o volume faturado, levando em consideração a inadimplência dos usuários (HANDAM, 2016).

Conforme Figura 33 é interessante ressaltar que Casserengue obteve valores significativos para este índice, o que pode expor maiores taxas de inadimplência dos consumidores. Esse fato pode interferir na qualidade do serviço, uma vez que corrobora para a redução da arrecadação e conseqüentemente dos investimentos realizados.

Figura 33 - Índice de evasão de receitas para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)



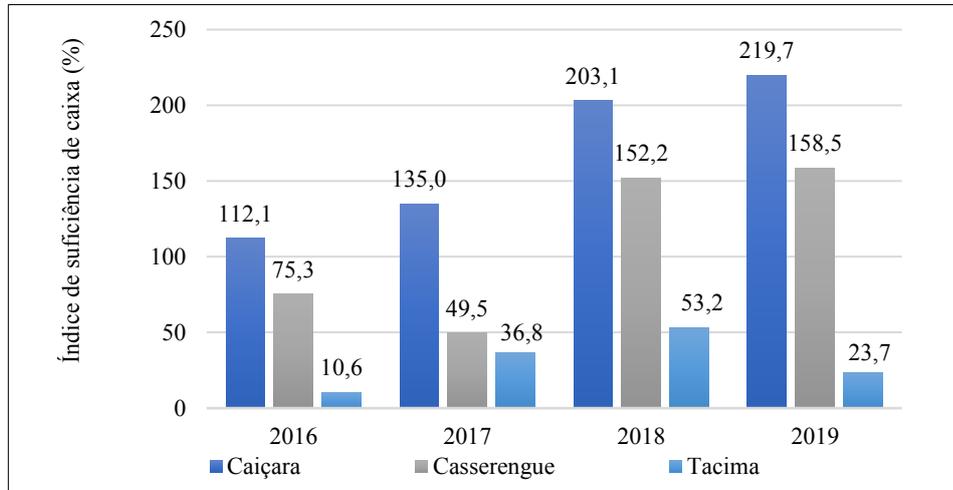
Fonte: SNIS (2019).

iv. Índice de suficiência de caixa – IN101

De acordo com o SNIS, esse índice reflete a capacidade de caixa do prestador de arcar com todas as suas despesas, e é calculado dividindo a arrecadação total pela soma das despesas de exploração (DEX); dos juros, encargos e amortização do serviço da dívida; e fiscais ou tributárias não computadas na DEX. A partir da Figura 34, pode-se observar a evolução deste indicador para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima.

Sob análise da Figura 34, é possível extrair que o município de Casserengue apresentou déficit entre os anos de 2016 e 2017. Entretanto, houve uma mudança de cenário em 2018 e 2019, nos quais o indicador evoluiu para 152,19% e 158,53%, significando que os valores efetivamente arrecadados nesses anos foram suficientes para cobrir a despesas correntes do sistema.

Figura 34 - Índice de suficiência de caixa para os municípios de Casserengue, Caiçara e Tacima (2016-2019)

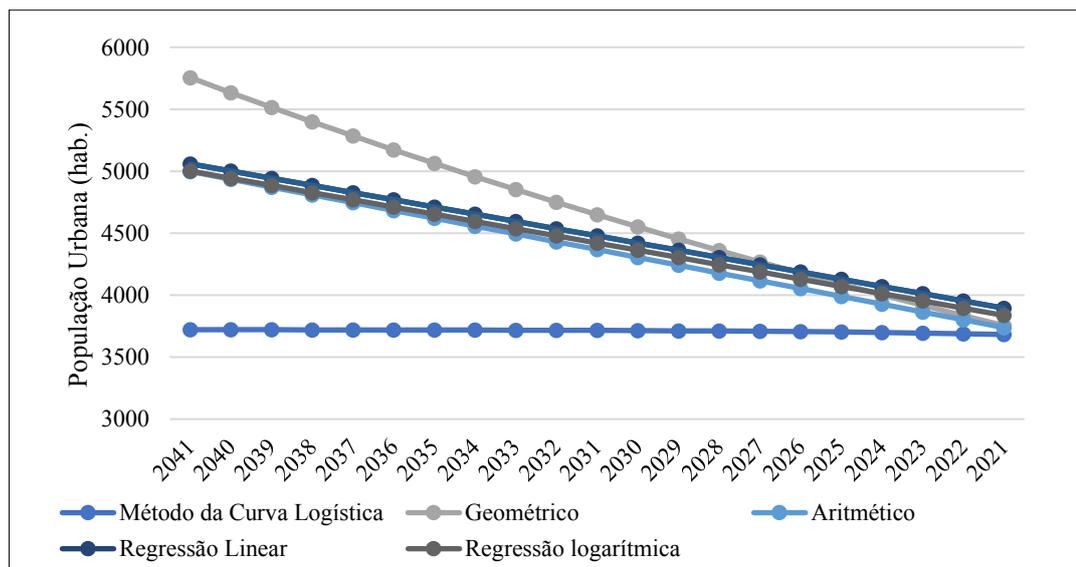


Fonte: SNIS (2019).

5.2 PROJEÇÃO DEMOGRÁFICA

A partir dos dados do IBGE obtidos nos censos foi feita uma estimativa do crescimento populacional nos próximos 20 anos, para a população urbana do município de Casserengue. Para esta análise foram utilizadas as metodologias citadas no tópico 3.2 e feita a comparação destas, verificando, o mais adequado para este estudo, conforme a Figura 35.

Figura 35 – Projeção da população urbana de Casserengue para os próximos 20 anos



Fonte: A autora (2021).

Ao analisar os métodos aplicados, a regressão polinomial foi descartada, por não ser uma representação da realidade de crescimento no município, igualmente para o método da

curva logística que rapidamente atinge uma população de saturação e o crescimento é estacionado, mantendo-se constante. Isto posto, foi preferível utilizar o método de regressão não-linear logarítmica que resultou em um maior coeficiente de determinação e resultados mais coerentes.

5.3 PROJEÇÃO DAS DEMANDAS

Para o estudo da projeção de demandas foi utilizado o consumo médio per capita de 56,47 L/hab./dia, sendo este uma média aritmética dos últimos quatro anos com informação no SNIS (SNIS, 2019). Ao considerar os dados de perdas, foi estudado três cenários:

- Cenário 1: cenário ideal com base na literatura, com perdas de até 25%;
- Cenário 2: utiliza a média do índice de perdas no município para os últimos quatro anos, 27,32%;
- Cenário 3: Estabelecido pelo PLANSAB (2019) como meta progressiva de expansão e qualidade dos sistemas no Nordeste, de acordo com o qual o sistema deverá ter porcentagem de perdas de até 33%.

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para as projeções de 20 anos para o município de Casserengue.

Tabela 8 - Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Casserengue

Ano	População	Q (m ³ /dia)	Q _{25%}	Q _{27,32%}	Q _{33%}
2021	3895	220,0	274,9	280,0	292,5
2022	3953	223,2	279,0	284,2	296,9
2023	4012	226,6	283,2	288,5	301,3
2024	4070	229,8	287,3	292,6	305,7
2025	4128	233,1	291,4	296,8	310,0
2026	4187	236,4	295,5	301,0	314,5
2027	4245	239,7	299,6	305,2	318,8
2028	4304	243,0	303,8	309,4	323,3
2029	4362	246,3	307,9	313,6	327,6
2030	4420	249,6	312,0	317,8	332,0
2031	4478	252,9	316,1	322,0	336,3
2032	4537	256,2	320,3	326,2	340,8
2033	4595	259,5	324,3	330,4	345,1

Tabela 8 - Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Casserengue (continuação)

Ano	População	Q (m ³ /dia)	Q _{25%}	Q _{27,32%}	Q _{33%}
2034	4653	262,8	328,4	334,5	349,5
2035	4711	266,0	332,5	338,7	353,8
2036	4769	269,3	336,6	342,9	358,2
2037	4827	272,6	340,7	347,0	362,5
2038	4885	275,9	344,8	351,2	366,9
2039	4943	279,1	348,9	355,4	371,2
2040	5001	282,4	353,0	359,6	375,6
2041	5059	285,7	357,1	363,7	380,0

Fonte: A autora (2021).

De acordo com a CAGEPA o sistema de abastecimento abastece os municípios de Casserengue e Arara com vazão máxima de 67 m³/h (1340 m³/dia). Dessa forma, com o intuito de verificar se essa vazão atende a demanda nos próximos 20 anos, foi necessário realizar para o segundo município, estudo análogo ao primeiro. Sendo assim, tem-se a projeção das demandas para a zona urbana do município em questão, utilizando o método de regressão logarítmica que revelou melhores resultados.

Foi utilizado o consumo médio per capita de Arara da ordem de 98,1 L/hab./dia e o índice de perdas 1,33% (SNIS, 2017), único registro da informação nos últimos quatro anos estudados. A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos para as projeções de 20 anos para o município de Arara.

Tabela 9 – Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Arara

Ano	População	Q (m ³ /dia)	Q _{25%}	Q _{1,33%}	Q _{33%}
2021	9785	959,9	1199,9	1222,2	1276,7
2022	9888	970,0	1212,5	1235,0	1290,1
2023	9991	980,1	1225,1	1247,9	1303,6
2024	10094	990,2	1237,8	1260,7	1317,0
2025	10197	1000,3	1250,4	1273,6	1330,4
2026	10299	1010,3	1262,9	1286,4	1343,7
2027	10402	1020,4	1275,5	1299,2	1357,2
2028	10505	1030,5	1288,2	1312,1	1370,6
2029	10607	1040,5	1300,7	1324,8	1383,9
2030	10710	1050,7	1313,3	1337,7	1397,4
2031	10812	1060,7	1325,8	1350,4	1410,7
2032	10915	1070,8	1338,5	1363,3	1424,1
2033	11017	1080,8	1351,0	1376,0	1437,4

Tabela 9 – Projeção de demandas para o horizonte de 20 anos para o município de Arara (continuação)

Ano	População	Q (m ³ /dia)	Q _{25%}	Q _{1,33%}	Q _{33%}
2034	11119	1090,8	1363,5	1388,8	1450,7
2035	11222	1100,9	1376,1	1401,6	1464,2
2036	11324	1110,9	1388,6	1414,4	1477,5
2037	11426	1120,9	1401,1	1427,1	1490,8
2038	11528	1130,9	1413,6	1439,9	1504,1
2039	11630	1140,9	1426,1	1156,1	1517,4
2040	11732	1150,9	1438,6	1465,3	1530,7
2041	11834	1160,9	1451,1	1478,1	1544,0

Fonte: A autora (2021).

A vazão total demandada pela população para o horizonte estudado está apresentada na Tabela 10. Para o cenário 1, verifica-se que atualmente a vazão fornecida pela CAGEPA já não é suficiente para abastecer a população; o cenário 2 mostra que a partir de 2028 há necessidade de ampliação do sistema, porém são resultados menos confiáveis, considerando o índice de perdas de Arara adotado de apenas 1,33% (única informação do indicador presente no SNIS para este município) e tendo em vista que esse município é responsável pelo maior consumo. O cenário 3, analogamente ao primeiro, demonstra que será necessário aumentar a vazão produzida, pois a atual não é capaz de atender a demanda.

Tabela 10 - Projeção de demandas para os municípios de Casserengue e Arara

Ano	Q _{25%}	Q _{1,33%+27,32%}	Q _{33%}
2021	1474,8	1252,7	1569,2
2022	1491,5	1267,1	1587,0
2023	1508,3	1281,6	1604,9
2024	1525,1	1296,0	1622,7
2025	1541,8	1310,4	1640,5
2026	1558,5	1324,8	1658,2
2027	1575,2	1339,2	1676,0
2028	1592,0	1353,7	1693,9
2029	1608,6	1368,0	1711,5
2030	1625,3	1382,4	1729,3
2031	1641,9	1396,7	1747,0
2032	1658,7	1411,2	1764,9
2033	1675,3	1425,5	1782,5
2034	1691,9	1439,8	1800,2
2035	1708,6	1454,2	1818,0
2036	1725,2	1468,5	1835,7

Tabela 10 - Projeção de demandas para os municípios de Casserengue e Arara (continuação)

Ano	Q _{25%}	Q _{1,33%+27,32%}	Q _{33%}
2037	1741,8	1482,8	1853,3
2038	1758,4	1497,2	1871,0
2039	1775,0	1511,5	1888,6
2040	1791,6	1525,8	1906,3
2041	1808,2	1540,1	1924,0

Fonte: A autora (2021).

No município de Casserengue há apenas um reservatório de distribuição de 100 m³. A partir da projeção de demandas foi possível verificar se este atende a reservação necessária para o horizonte analisado. Para isso, utilizou-se os parâmetros normatizados:

- Reservação: mínimo 1/3 do volume distribuído no dia de maior consumo;
- Coeficiente de variação máxima diária – K1 = 1,2.

Os resultados estão expostos na Tabela 11. Ao comparar com os resultados encontrados na Tabela 11, observa-se que o reservatório em questão só conseguirá atender a demanda até 2030, sendo necessário expandir a capacidade de reservação a partir deste ano.

Tabela 11 - Projeção de Demandas para a zona urbana do município de Casserengue

Anos	População	Vazão demandada (m ³ /dia)	Volume necessário (m ³)
2021	3895	263,9	88,0
2022	3953	267,9	89,3
2023	4012	271,9	90,6
2024	4070	275,8	91,9
2025	4128	279,7	93,2
2026	4187	283,7	94,6
2027	4245	287,7	95,9
2028	4304	291,7	97,2
2029	4362	295,6	98,5
2030	4420	299,5	99,8
2031	4478	303,4	101,1
2032	4537	307,4	102,5
2033	4595	311,4	103,8
2034	4653	315,3	105,1
2035	4711	319,2	106,4
2036	4769	323,2	107,7
2037	4827	327,1	109,0
2038	4885	331,0	110,3
2039	4943	335,0	111,7
2040	5001	338,9	113,0
2041	5059	342,8	114,3

Fonte: A autora (2021).

5.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Através de todas as informações coletadas ao longo deste estudo, foi possível identificar os principais problemas verificados para o município com relação a ampliação do serviço e melhorias no sistema. São estes:

- i. Déficit no abastecimento da população rural;
- ii. Baixos índices de hidrometração;
- iii. Perdas do sistema;
- iv. Baixo índice de faturamento da água e submedição de consumo em locais que não possuem micromedidores;
- v. Baixa capacidade de reservação do sistema.

Para cada problema listado, ações foram propostas, conforme etapas “What” e “Why” da metodologia 5W1H. Também foram sugeridos os responsáveis pela execução, os locais de intervenção e o procedimento a ser seguido – etapas “Who”, “Where” e “How”, respectivamente (Quadro 6).

Quadro 6 - Problemas e soluções apontadas para o SAA de Casserengue

Item	Why (Motivo)	What (Ação)	Who (Responsável)	Where (Onde)	How (Como)
	Problemas verificados	Medidas a serem adotadas			
1	Déficit no abastecimento da população rural	Estudo de soluções alternativas para o abastecimento de água na zona rural	Prefeitura municipal	Todos os sítios do município.	Realização de estudo de soluções técnicas de abastecimento de água adequadas às características ambientais e socioeconômicas de cada comunidade por especialistas contratados.
2	Perdas do sistema	Elaboração de um cadastro técnico com informações atualizadas sobre a infraestrutura da rede de distribuição.	CAGEPA	Todos os componentes do SAA	Levantamento da rede de abastecimento existente, com diâmetro, extensão, idade, topografia. Definição de setores e zonas de pressão.

Quadro 6 - Problemas e soluções apontadas para o SAA de Casserengue (continuação)

Item	Why (Motivo)	What (Ação)	Who (Responsável)	Where (Onde)	How (Como)
	Problemas verificados	Medidas a serem adotadas			
2	Perdas do sistema	Programa de controle de vazamentos	CAGEPA	Rede de abastecimento	Central de atendimento para reclamação quanto aos vazamentos Disponibilização e capacitação de equipe responsável por executar reparos e correção de vazamentos.
3	Baixos índices de hidrometração submedição de consumo em locais que não possuem micromedidores.	Instalação de hidrômetros em todas as edificações.	CAGEPA	Todas as edificações	Realização de levantamento que identificará os locais que não possuem hidrômetros; e priorização da substituição dos hidrômetros com defeitos e os que estão em pleno funcionamento para que seja feito controle.
		Revisão e acompanhamento dos hidrômetros instalados.			
4	Baixo índice de faturamento da água	Programas de combate a fraudes e ligações clandestinas.	CAGEPA	Sede municipal	Monitoramento das variações de consumo dos clientes, a fim de verificar potenciais irregularidades; inspeções de campo; programas de conscientização da população quanto às fraudes, para regularização dos problemas encontrados.
5	Baixa capacidade de reservação do sistema, necessidade de ampliação a partir do ano de 2030	Instalação de novo reservatório de distribuição no município	CAGEPA	Sede municipal	Construção de novo reservatório no sistema de abastecimento.

Fonte: A autora (2021).

As ações sugeridas foram propostas segundo a cartilha de Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, elaborada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2015) e no estudo realizado por Raid (2017) no qual um dos objetivos foi estudar soluções técnicas de abastecimento de água para populações residentes em áreas rurais brasileiras.

Para definição da coluna “When” foram utilizados os resultados da matriz GUT. Considerando as ações propostas, segundo o grau de importância, foram atribuídas pontuações que variaram de 1 a 5 pelos especialistas consultados.

A subjetividade das respostas coletadas evidencia a limitação do método empregado na definição de prioridade de ações. Dessa forma, ficou clara a necessidade da realização de um tratamento estatístico. Para isso utilizou-se o método da média expurgada, conforme explicitado na metodologia desta pesquisa. Posteriormente foi calculada a média das pontuações sugeridas e os produtos das pontuações de cada ação, o que possibilitou a definição de prioridade para o plano proposto (Tabela 12).

Tabela 12 - Tabela GUT para o Plano de Ação Proposto

Ação	G	U	T	G x U x T	Prioridade	Prazo
Estudo de soluções alternativas para o abastecimento de água na zona rural	4,2	4,5	4,4	82,8	1	
Programa de controle de vazamentos	4,0	4,5	4,2	74,5	2	Curto prazo (0 – 2 anos)
Instalação de novo reservatório de distribuição no município.	4,3	4,2	2,9	70,7	3	
Programas de combate a fraudes e ligações clandestinas.	3,8	4,3	3,5	56,9	4	
Elaboração de um cadastro técnico com informações atualizadas sobre a infraestrutura da rede de distribuição.	3,3	3,8	2,6	33,1	5	Médio prazo (2 – 5 anos)
Revisão e acompanhamento dos hidrômetros instalados.	3,4	3,3	2,9	32,8	6	Médio prazo (2 – 5 anos)
Instalação de hidrômetros em todas as edificações.	3,0	3,3	2,9	29,2	7	

Fonte: A autora (2021).

Segundo os resultados da matriz GUT, a ação prioritária deverá ser o estudo de soluções alternativas para o abastecimento de água na zona rural (82,9 pts), seguido da formulação de um programa de controle de vazamentos (74,5 pts) e instalação de novo reservatório de distribuição no município (70,7 pts), respectivamente. Isto se deve às pontuações elevadas obtidas. Essas foram as intervenções que, segundo o método, deverão ser realizadas em curto prazo.

Apesar de não ter sido identificado colapso imediato quanto a reservação do sistema de abastecimento existente, o problema foi classificado pelos especialistas como de gravidade elevada, e também possuindo necessidade de ação com alguma urgência. O ideal é que também seja realizada uma análise das condições atuais do reservatório existente, identificando a necessidade de manutenção corretiva.

A pontuação atribuída pelos especialistas utilizou como critério a ampliação e melhorias do sistema de abastecimento de água, mas na coleta de informações, foi observado que a análise é feita de maneira subjetiva, alguns especialistas consideraram prioritários as ações relacionadas a universalização do acesso a água potável, como, por exemplo, o estudo de soluções da zona rural e a implantação do reservatório, enquanto outros priorizaram ações que dizem respeito a eficiência do sistema existente (redução de perdas, controle de vazamentos, instalação e acompanhamento de hidrômetros).

Também foi considerada como uma ação que precisa ser tomada a curto prazo, a elaboração de um programa de controle de vazamentos. Essas dizem respeito principalmente a execução de manutenções preventivas e corretivas em todas as unidades de um SAA, estando diretamente relacionados a eficiência e sustentabilidade do sistema. Essas ações também são de responsabilidade do titular dos serviços, nesse caso, a CAGEPA, sob vigência do contrato de concessão. Se faz necessário a contratação e capacitação de mão-de-obra qualificada para efetuar reparos e realizar manobras de registros. Sugere-se a elaboração de um cronograma com prazos de inspeção e substituição dos equipamentos. Além de uma central de atendimento devidamente dimensionada para recebimento de reclamações quanto aos vazamentos.

Para elaboração de Programas de combate a fraudes e ligações clandestinas, que também foram consideradas questões a serem resolvidas a médio prazo, deve ser realizado além de inspeções em campo, ações realizadas diretamente com a população a fim de orientar e conscientizar quanto a gravidade do problema.

A elaboração de um cadastro técnico atualizado com informações sobre a infraestrutura do sistema, deve conter todo o mapeamento da rede de abastecimento de água, conhecendo, assim, os domicílios que não estão conectados à rede. Essa ação possibilitará posteriormente realizar um projeto para ampliação do SAA, pois, como foi identificado no diagnóstico desse trabalho, no ano de 2019, apenas 67% da população urbana era atendida pelo sistema.

Esse cadastro deve ser realizado pela CAGEPA, e conter plantas com a localização, informações básicas como diâmetros, idade, topografia e extensão da rede. Dessa forma, deve ser realizado um mapeamento dos locais que possuem ligações, porém, devido às condições de topografia, não é abastecido. Segundo o método, essas ações devem ser realizadas a médio prazo.

Tanto a instalação de hidrômetros em todas as edificações quanto a revisão e acompanhamento daqueles já instalados, foram consideradas as ações menos urgentes para atuação. Essas ações dizem respeito a priorização quanto as medidas de trocas de hidrômetros quebrados e substituição dos hidrômetros sujeitos a submedições, que ocorrem tanto devido ao envelhecimento do equipamento quanto a inadequação do tipo de hidrômetro utilizado ao perfil de consumo. Vale salientar que essas ações estão diretamente ligadas ao faturamento de água e rendimento obtido pelo prestador, além de auxiliar para a sustentabilidade do sistema.

Destarte, é um importante ressaltar que os problemas listados representam pontos importantes listados principalmente a partir da análise de indicadores presentes no SNIS, que podem apresentar inconsistências devido ao repasse de informações pela CAGEPA. As questões levantadas nesse trabalho devem ser devidamente analisadas também em pesquisas em campo para constatação da real situação das unidades do sistema. Desse modo, o plano de ação poderá ser devidamente detalhado e adaptado conforme a real necessidade de implantação, gerando eficiência em seus efeitos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao final desse estudo foi possível identificar os principais déficits apresentados pelo sistema de abastecimento de água do município de Casserengue que necessitam ser sanados com certa urgência, tendo em vista que afetam a qualidade do serviço e a produtividade do prestador de serviços de saneamento.

De acordo com a caracterização do sistema atual e a análise dos índices de atendimento, verifica-se que o abastecimento na zona rural do município necessita de atenção, sendo necessário a realização de estudos que visem a implantação de sistemas que ofereçam um serviço satisfatório além de economicamente e tecnicamente viáveis de implantação. A análise dos indicadores operacionais evidenciou também índices expressivos relacionados às perdas do sistema no último ano com informação no SNIS.

De maneira geral, os indicadores operacionais, de qualidade, econômico-financeiros e administrativos ressaltaram que ainda há muito a ser trabalhado para o setor de abastecimento de água no município, de forma que atenda aos critérios exigidos pela legislação quanto à universalização do acesso e qualidade do serviço prestado.

As limitações encontradas na realização do trabalho foram principalmente a imprecisão quanto aos dados fornecidos pelo SNIS, tendo em vista que esses dados são fornecidos por autodeclaração pelos próprios prestadores, por resposta voluntária aos questionários disponibilizados.

Quanto ao plano de ação sugerido, a utilização do método 5W1H mostrou-se de grande valia por levantar e organizar questionamentos de forma direta e precisa, como é esperado em um plano de ação. Ao listar os principais déficits identificados, foi possível propor ações, identificar o local da intervenção, os responsáveis e a metodologia a ser cumprida, além de estipulação de prazos para cumprimento.

Outra limitação encontrada diz respeito à subjetividade das respostas aos formulários da matriz GUT e à necessidade de um conhecimento amplo e profundo na área de estudo.

Sendo assim, recomenda-se que em estudos futuros seja feita uma análise mais detalhada do sistema e realização de visitas a campo, obtendo informações mais precisas como, por exemplo, o parque hidrômetros existente e suas condições atuais; estrutura física do reservatório existente; estudo dos mananciais utilizados quanto às vazões ofertadas atualmente,

verificando se irão atender a demanda futura. Tal detalhamento possibilitará a elaboração de um plano de ação mais detalhado e eficiente em seus resultados.

Também se sugere que esse estudo seja aplicado em outros municípios da Paraíba, especialmente aqueles que apresentam condições mais desfavoráveis quanto ao serviço ofertado.

Os resultados obtidos nesse trabalho podem ser utilizados como subsídio para a gestão dos serviços de saneamento prestados no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2005. Disponível em: <<https://www.abas.org/arquivos/aguasf>>. Acesso em: 20 set. 2020.
- ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água**. ABES, 2015.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Volume dos açudes**. 2020. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- ALBUQUERQUE, G. R. **Elaboração de um modelo de valoração quantitativa das garantias para o setor de saneamento com utilização de Simulação de Monte Carlo: o caso da PPP de Esgoto para a Região Metropolitana do Recife e Município de Goiana**. Dissertação de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2014.
- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M. e PARENA, R. **Performance Indicators for Water Supply Services**. Londres: International Water Association, 2000. 162p.
- ALVES, J. E. D. **A crise de água na Índia: ecodebate, cidadania e meio ambiente**. 2014. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/04/04/a-crise-de-agua-na-india-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **A Questão da Água no Nordeste/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Brasília: ANA, 2012.
- _____. **Reservatórios do semiárido brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação**. Brasília: ANA, Engecorps Engenharia S.A., 2016.
- _____. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- _____. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. ANA, 2012. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/82?mode=full>>. Acesso em: 19 set. 2020.
- ANDION, M. C.; FAVA, R. **Gestão empresarial/Fae School**. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Bom Jesus, 2002.

ARAÚJO, R. T. **Diretrizes para elaboração de plano de uso racional da água em instituições de ensino superior.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

ASA BRASIL. **Articulação do Semiárido Brasileiro.** Disponível em: <<https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 15 set. 2020.

ASSIS, A. G. **O saneamento básico na perspectiva de diferentes modelos de gestão: Uma análise comparativa em municípios de pequeno porte no estado da Paraíba.** Dissertação de Mestrado em Gestão Pública e Cooperação Internacional. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2018.

BARBOSA, V. **As 10 regiões mais vulneráveis à falta de água no mundo.** Guia Exame Sustentabilidade, p. 37-42, 2011. Disponível em: <<https://exame.com/economia/os-10-paises-em-risco-extremo-de-falta-de-agua/>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

BELATTO, V. A. **Elaboração do plano municipal de saneamento básico do município de Lapa/PR: Uma análise sobre o serviço de abastecimento de água.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 5.440/2005, de 4 de maio de 2005.** Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Brasília, 2005.

_____. **Decreto nº 10.203/2020, de 22 de janeiro de 2020.** Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2020.

_____. **Decreto nº 7.217/2010, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, 2010.

_____. **Lei Federal nº 11.445/2007 de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília, 2007.

_____. **Lei Federal nº 14.026/2020, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e dá outras providências. Brasília, 2020.

_____. **Lei Federal Nº 8.987/1995, de 13 de fevereiro de 1995.** Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, 1995.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 3 ed. Brasília: FUNASA, 2004.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false>. Acesso em: 17 set. 2020.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518/2004, de 25 de março de 2004.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

_____. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.** Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/Versaoatualizada07mar2019_consultapublica.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2020.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018.** Brasília: SNS/MDR, 2019.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019.** Brasília: SNS/MDR, 2020.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Perdas de água 2020: Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. São Paulo: TRATA BRASIL, 2020.

_____. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Ministério das Cidades. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab_texto_editado_para_download.pdf> Acesso em 3 ago. 2020.

_____. **Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRITTO, A. L. N. P.; REZENDE, S. C. B. L.; HELLER, L.; CORDEIRO, B. S. **Da fragmentação à articulação: A política nacional de saneamento e seu legado histórico**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 14, n. 1, p. 65-83, mai. 2012.

CARNEIRO, M. C. M. O.; AMARAL, D. S.; SANTOS, L. F. M.; JUNIOR, M. A. G.; PINHEIRO, T. M. **A gestão do saneamento no Brasil e sua relação com a gestão de recursos hídricos**. INOVAE, São Paulo, v. 6, p. 100-116, jan./dez. 2018.

CARVALHO, B. E. F. C., **A avaliação de desempenho da prestação de serviços de abastecimento de água independe da perspectiva do avaliador, se usuário ou prestador?** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

CENTRO DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO EXÉRCITO. **Operação Pipa: água para o semi-árido nordestino**. Revista Verde – Oliva, Brasília, DF, v. 23, n. 196, p. 22-24, jan/fev/mar. 2008.

COSTA, A. B.; DIAS, R. B. **Estado e sociedade civil na implantação de políticas de cisternas**. Revista Políticas Públicas, São Luís, v. 16, n. 4, p. 801-810, 2018

COSTA, A. R. S.; SANTOS, T. C. G.; KOZMHINSKY, M.; ALENCAR, S. K. P.; VALLE, G. **Aplicação da matriz GUT na gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Recife-PE.** Revista AIDS de Engenharia e Ciências Ambientais, v. 10, n. 2, ago. 2017.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Casserengue, estado da Paraíba.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DAYCHOUM, M. **Ferramentas e técnicas de gerenciamento.** Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DINIZ, João Alberto Oliveira. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Nota técnica.** / João Alberto Oliveira Diniz, Adson Brito Monteiro, Robson de Carlo da Silva, Thiago Luiz Feijó de Paula. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FILHO, F. A. S.; NETO, S. A. D.; SILVA, F. O. E. **Condicionantes para universalização e sustentabilidade do abastecimento d'água para pequenas comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: ABRH, 2013.

FINKLER, R. **Planejamento, manejo e gestão de bacias.** ANA, 2012.

FRANSCISO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. **Análise multicriterial na seleção de bacia hidrográfica para recuperação ambiental.** Ciência Florestal, v. 18, n. 1, p.1-13, 2008.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de Execução Descentralizada nº003/2019.** Brasília: FUNASA, 2019.

GOMES, L. **Reavaliação e melhoria dos processos de beneficiamento de não tecidos com base em reclamações de clientes.** Revista FAE, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/revista_da_fae/fae_v9_n1/rev_fae_v9_n1_04_luis_gustavo.pdf> Acesso em: 29 mar. 2021.

GUIMARÃES, S. O.; COSTA, A. A.; JÚNIOR, F. C. V.; SILVA, E. M.; SALES, D. C.; JÚNIOR, L. M. A.; SOUZA, S. G. **Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31,

n. 3, pp. 337-365, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v31n3/0102-7786-rbmet-31-03-0337.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2020.

HAMDAN, O. H. C. **Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água em Minas Gerais segundo portes populacionais**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

HELLER, L. **Abastecimento de água, sociedade e ambiente**. In: HELLER, Léo. PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. p 29-61.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

_____. **Panorama do município de Casserengue – PB**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/casserengue/panorama>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

_____. **Sinopse do Censo Demográfico: 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

LENZI, F. C.; KIESEL, M. D.; ZUCCO, F. D. **Ação empreendedora: como desenvolver e administrar seu próprio negócio com excelência**. 1. ed. São Paulo: Editora Gente, 2010.

LUCINDA, M. A. **Qualidade: Fundamentos e práticas**. 1º ed. [s.l.]: Brasport, 2010.

MACHADO, A. V. M. **Acesso ao abastecimento de água em comunidades rurais: o desafio de garantir os direitos humanos à água**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, XII., 2016, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: INOVARSE, 2016. Disponível em: <https://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_203.pdf> Acesso em: 08 dez. 2020.

MARTINS, M.; RIBEIRO, M. C. F. **Gestão e uso da água em Bracara Augusta: uma abordagem preliminar**. In: MARTINS, M; FREITAS, I. V. de; VALDIVIESO, M. I. del V. (COORD.) **Caminhos da Água: Paisagens e Usos na longa duração**. CITCEM, 2012. p.9-51.

Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/19872>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

MONTANIA, E. S.; PHILLIPPI, D. A. **Matrizes SWOT e GUT como Fontes de Inovação Para Agricultores Familiares de um Município Sul-Mato-Grossense**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, VII, 2018, São Paulo. Anais do XVII SINGEP: São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.singep.org.br/7singep/resultado/206.pdf>> Acesso em: 15 fev.2021.

NASCIMENTO, C. A. S.; VIANNA, M. A.; RAMOS, D. A. L.; VILLELA, L. E.; FRANCISCO, D. N.; JÚNIOR, R. I. **A migração do campo para os centros urbanos no brasil: da desterritorialização no meio rural ao caos nas grandes cidades**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO FOMERCO, XVI., 2017, Salvador. Anais eletrônicos... Salvador: UFBA, 2017. Disponível em: <http://www.congresso2017.fomerco.com.br/resources/anais/8/1502235198_ARQUIVO_fomerco_AMIGRACAODOCAMPOPARAOSCENOSURBANOSNOBRASIL.pdf> Acesso em: 09 dez. 2020.

NETTO, J. M. de A.; FERNANDÉZ; M. F. Y. **Manual de Hidráulica**. 9ª ed. São Paulo: Blucher, 2018. 632 p.

NUNES, V. R. S. **O setor de saneamento básico no Brasil: Desafios e perspectivas**. Projeto de Graduação – Curso de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

OHCHR. Office of the High Commissioner For Human Rights. **General Comment nº. 15: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant)**. Geneva: OHCHR; 2003.

OLIVEIRA, C. F. **A gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona, v. 9, n. 194, 2005.

OLIVEIRA, L. L M; FILHO, F. S. P.; MADEIRA, M. J. A.; ALMEIDA, E. M.; SOUZA, M. V. **Aplicação da Matriz GUT em uma microempresa de assistência técnica**. Anais do Encontro Internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente (ENGEMA). São Paulo: ENGEMA, 2016.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos direitos da água**. 1992. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html>> Acesso em: 10 dez. 2020.

PÁDUA V. L. **Soluções alternativas desprovidas de rede**. In: HELLER. L.; PÁDUA. V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 2, cap. 6. p. 299-324.

PMSB. Plano Municipal de Saneamento Básico. **Diagnóstico Técnico-Participativo do município de Casserengue**. Campina Grande: FUNASA/UFCG, 2021.

RAID, M. A. M. **Soluções técnicas de abastecimento de água e modelos de gestão: um estudo em quinze localidades rurais brasileiras**. Dissertação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

RICHTER, C. A. **Tratamento de Água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blucher, 2018.

RODRIGUES, D. G. **Desinfecção da água por pasteurização solar (SOPAS) em comunidades rurais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/256863>>. Acesso em: 15 set. 2020.

SANTOS, F. F. S.; FILHO, J. D.; MACHADO, C. T.; VASCONCELOS, J. F.; FEITOSA, F. R. S. **O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 4, n. 1, p. 241-251, 2018.

SANTOS, M. S. C. **Arquitetura e memória Conimbriga e o Aqueduto Romano: a água enquanto promotora de intervenção no território**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2017.

SEGALA, M. **Água a escassez na abundância**. Guia Exame Sustentabilidade, p. 40-47, 2012. Disponível em: <<https://issuu.com/exame/docs/guia-exame-sustentabilidade-2012>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

SOUZA, C.M. N.; COSTA, A. M.; MORAES, L. R. S.; FREITAS, C. M. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – USP, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2 e. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. **Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 4, out./dez. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v18n4/1413-4152-esa-18-04-00313.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE I: Formulário utilizado para pontuação da matriz GUT

FORMULÁRIO

Este formulário faz parte da metodologia utilizada no Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA O MUNICÍPIO DE CASSERENGUE/PB**, produto da disciplina em questão como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC) do Centro de Tecnologias e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Nessa fase do estudo serão propostas algumas ações para o Sistema de Abastecimento de Casserengue que possibilitem melhorias e expansão do abastecimento. No entanto, devem ser estabelecidas prioridades quanto à tomada de Decisão. Neste sentido, a Matriz GUT é uma ferramenta de auxílio no processo de planejamento.

Para utilização deste método deve ser realizado um exame subjetivo quanto à Gravidade, Urgência e Tendência para cada ação proposta no plano, atribuindo pontos, conforme apresentado na Tabela 1. A pontuação sugerida deverá ser colocada na Tabela 2.

Tabela 1 – Pontuação utilizada na matriz GUT

Pontos	Gravidade (consequência se nada for feito)	Urgência (Prazo para tomada de decisão)	Tendência (Agravamento do problema no futuro)
5	Extremamente Grave	Necessária Ação imediata	Piorar rapidamente
4	Muito grave	Com alguma urgência	Piorar em pouco prazo
3	Grave	O mais cedo possível	Piorar a médio prazo
2	Pouco Grave	Pode esperar um pouco	Piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não irá piorar

Tabela 2 – Matriz GUT para o Estudo

Ação	G	U	T
Estudo de soluções alternativas para o abastecimento de água na zona rural			
Instalação de hidrômetros em todas as edificações			
Revisão e acompanhamento dos hidrômetros instalados			
Elaboração de um cadastro técnico com informações atualizadas sobre a infraestrutura da rede de distribuição do sistema de abastecimento			
Elaboração de um programa de controle de vazamentos			
Programa de combate a fraudes no abastecimento e ligações clandestinas			
Instalação de novo reservatório de distribuição no município, devido ao déficit no sistema a partir de 2030			