



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – ARARUNA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA DE LOURDES SOARES DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
DO MUNICÍPIO DE AGUIAR-PB: UMA ANÁLISE MULTICRITERIAL**

**ARARUNA – PB**

**2021**

**MARIA DE LOURDES SOARES DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
DO MUNICÍPIO DE AGUIAR-PB: UMA ANÁLISE MULTICRITERIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Saneamento.

**Orientador:** Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**ARARUNA – PB**

**2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S726a Souza, Maria de Lourdes Soares de.  
Avaliação do desempenho do sistema de abastecimento de água do município de Aguiar - PB [manuscrito] : uma análise multicriterial / Maria de Lourdes Soares de Souza. - 2021.  
52 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2021.

"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Abastecimento de água. 2. Saneamento. 3. Água. I.  
Título

21. ed. CDD 628.1

MARIA DE LOURDES SOARES DE SOUZA

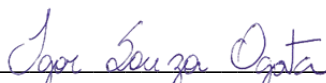
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE AGUIAR-PB: UMA ANÁLISE MULTICRITERIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em: 12/05/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Me. Cinthia Maria de Abreu Claudino  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Ao meu pai (*in memoriam*), por fazer do meu sonho, também o dele, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que me amparou nos momentos mais difíceis dessa caminhada, não me deixando desistir do meu sonho. Toda honra e toda glória a Ti, senhor!

Ao meu pai Raimundo Vicente de Sousa (*in memoriam*), que tanto sonhou com este dia, e que hoje, lá do céu, festeja esta conquista. Minha eterna gratidão, saudade e amor.

A minha mãe, Marlucia Soares de Sousa, dona do meu amor maior e meu exemplo de mulher, força e dedicação. Sem ela, eu nada seria, nem tão pouco, chegaria até aqui. Essa conquista é por ela e para ela!

Aos meus irmãos, José Soares, Israel Soares e Israilza Soares, que tanto fizeram por mim em prol do meu sonho. Obrigada por nunca desacreditarem e por sempre me apoiarem. Amo vocês!

As minhas irmãs de coração, Renata Nunes e Aldineide Lopes, por tantos bons momentos vividos juntas e por depositarem tanta fé em meu êxito, me fazendo acreditar também que tudo daria certo. Gratidão!

Aos meus sobrinhos amados, Nicolly e Nicollas. Nos momentos de tristeza vocês me alegraram e me deram motivos para continuar.

A todos os meus amigos feitos em Araruna, por partilharmos momentos de alegria e tristeza, especialmente Débora Emmanuele e William Pontes. Vocês foram meu alicerce na graduação, e meu abrigo nas noites de saudade de casa. Se transformaram na minha segunda família e moram no meu coração. Que nossa amizade perdure. Amo vocês!

Ao meu namorado, Jakson Barros, por todo amor, apoio e ajuda nos desafios da graduação, tornando a caminhada mais amena e feliz. Meu agradecimento e amor.

Ao meu orientador, Igor Ogata, por tanta paciência, gentileza e conhecimento transmitido. Gratidão também, por ser um professor tão humano, que se preocupa com a aprendizagem e bem estar de seus alunos.

*“Um navio permanece seguro no cais, mas não  
foi para isso que os navios foram feitos, o mar  
é seu destino (WILLIAM SHEDD).”*

## RESUMO

Dentre os muitos desafios do saneamento básico, a distribuição de água com qualidade e quantidade para todos ainda assola o Brasil, principalmente as localidades de pequeno porte. Esta pesquisa realizou uma análise do sistema de abastecimento de água no município de Aguiar, no estado da Paraíba, a fim de identificar quais setores estão com melhor desempenho e quais precisam de melhorias, uma vez que o mesmo passou por um longo período de desabastecimento (em torno de 5 anos). Para isso, foi usado em sua metodologia o modelo de apoio a tomada de decisão multicriterial, retirando às informações necessárias para o trabalho do banco de dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O modelo multicritério ELECTRE II foi escolhido graças a sua capacidade de sobreclassificação e grande empregabilidade na área do saneamento básico e através de três categorias, a operacional, econômico – financeiro e administrativo e de qualidade, se fez a avaliação de 10 critérios. A avaliação desses critérios foi realizada tanto em nível nacional, quanto estadual, e obteve como resultado quando comparados em nível nacional, o setor econômico – financeiro e administrativo em primeiro colocado no ranking de melhor desempenho, seguido dos setores operacional e de qualidade. Já em nível estadual, essa comparação foi feita entre os municípios paraibanos, apresentando o setor operacional como o de melhor funcionalidade, seguido pelo de qualidade e por último, pelo setor econômico – financeiro e administrativo, apresentando o pior desempenho. Todavia, essa diferença nos resultados se dá pelo método de coleta dos limites superior e inferior na etapa de normalização, sendo os resultados do nível estadual mais plausíveis devido a comparação ter sido feita município a município da Paraíba, caracterizando assim, a categoria econômico – financeiro e administrativo como a que mais necessita de estratégias de investimento no SAA do município de Aguiar.

**Palavras-Chave:** Índices e indicadores. Método ELECTRE II. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).



## ABSTRACT

Among the many challenges of basic sanitation, the distribution of water with quality and quantity for everyone still plagues Brazil, especially in small towns. This research carried out an analysis of the water supply system in the municipality of Aguiar, in the state of Paraíba, in order to identify which sectors are performing better and which ones need improvement, since it has gone through a long period of shortages (around 5 years). For this, the multicriteria decision-making support model was used in its methodology, extracting the information necessary for the work from the database provided by the National Sanitation Information System (SNIS). The ELECTRE II multi-criteria model was chosen due to its ability to overclassify and its high employability in the area of basic sanitation and through three categories, operational, economic – financial and administrative and quality, 10 criteria were evaluated. The evaluation of these criteria was carried out both at the national and state level, and obtained as a result when compared at the national level, the economic – financial and administrative sector in first place in the ranking of best performance, followed by the operational and quality sectors. At the state level, this comparison was made between municipalities in Paraíba, with the operational sector as the one with the best functionality, followed by the quality sector and finally by the economic – financial and administrative sector, with the worst performance. However, this difference in the results is due to the method of collecting the upper and lower limits in the normalization stage, with the results at the state level being more plausible because the comparison was made from municipality to municipality in Paraíba, thus characterizing the economic-financial category and administrative as the one that most needs investment strategies in the SAA in the municipality of Aguiar.

**Keywords:** Indices and indicators. ELECTRE II method. National Sanitation Information System (SNIS).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades do sistema de abastecimento de água.....	18
Figura 2 – Mapa de localização do município de Aguiar - PB.....	24
Figura 3 – Grafo de sobreclassificação em nível nacional .....	40
Figura 4 – Grafo de sobreclassificação em nível estadual.....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.....	16
Quadro 2 – Caracterização da pesquisa.....	23
Quadro 3 – Definição dos critérios.....	26
Quadro 4 – Caracterização dos índices escolhidos.....	27
Quadro 5 – Relações de eficiência e equações utilizadas para normalização de cada critério.	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites superior e inferior a nível nacional .....	31
Tabela 2 – Limites superior e inferior a nível estadual .....	31
Tabela 3 - Pesos utilizados .....	32
Tabela 4 – Umbrais de preferência e indiferença .....	34
Tabela 5 – Valores dos critérios .....	36
Tabela 6 – Valores dos critérios normalizados em nível nacional .....	36
Tabela 7 – Valores dos critérios normalizados e ponderados em nível nacional .....	37
Tabela 8 – Matriz de concordância em nível nacional .....	37
Tabela 9 – Matriz de concordância em nível estadual.....	38
Tabela 10 – Matriz de discordância em nível nacional .....	38
Tabela 11 – Matriz de veto em nível nacional.....	39
Tabela 12 – Matriz de classificação em nível nacional .....	40
Tabela 13 – Matriz de classificação em nível estadual .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAR	Associação Brasileira de Agências de Regulação
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
AMC	Multi-Criteria Analysis
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Performance Indicator
ONU	United Nations Organization
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>3.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1.</b>	<b>Avaliação do desempenho de um Sistema de Abastecimento de Água</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>Análise multicritério</b> .....	<b>20</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1.</b>	<b>Planejamento e classificação da pesquisa</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2.</b>	<b>Área de estudo</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3.</b>	<b>Escolha dos critérios</b> .....	<b>25</b>
<b>4.4.</b>	<b>Normalização dos critérios</b> .....	<b>28</b>
<b>4.5.</b>	<b>Ponderação dos critérios</b> .....	<b>32</b>
<b>4.6.</b>	<b>Matrizes do método ELECTRE II</b> .....	<b>33</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os diferentes conceitos dados ao saneamento básico, Bovolato (2010) consegue sintetizar a ideia central que todos eles trazem, em que o saneamento é uma agregação de intervenções a respeito do meio ambiente como um todo, exercendo um comando ambiental, cujo principal objetivo é proteger a saúde do ser humano.

Em complemento técnico, a Lei 14.026/2020 especifica que as atividades de saneamento básico se resumem ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020). No contexto em que é a infraestrutura mínima que um ambiente deve possuir para ser salubre.

No Brasil, um grande avanço no cenário do saneamento básico foi a promulgação da Lei Federal 11.445/2007 onde em seu artigo 52 institui a necessidade de um planejamento nacional para alcançar a universalização desse serviço. Por sua vez, no artigo 17, esse planejamento é estendido a nível municipal, a fim de descentralizar as ações de saneamento e permitir a regionalização, bem como manter atualizada as estratégias de implementação do saneamento básico através da revisão do planejamento a cada quatro anos, preferencialmente na elaboração dos planos plurianuais (OLIVEIRA, 2016).

Recentemente, o congresso nacional modificou o marco legal do saneamento através da Lei 14.026/2020, que visa o acesso ao saneamento básico para todos até 2033 (ARAÚJO; SILVA, 2021) e que apresenta modificações em 7 leis que a precediam, tendo como exemplos dessas principais mudanças a Lei 9.984/2000, que alterou a conhecida Agência Nacional de Águas, para Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), dando-lhe poder para remodelar normas de referência sobre as atividades do saneamento e a Lei 11.445/2007, trata-se da melhoria das condições estruturais do saneamento básico no Brasil;

Mesmo com esse bom desenvolvimento na esfera do saneamento, muitos aspectos ainda devem ser melhorados, como por exemplo, em relação à infraestrutura e uma prova disso é a falta de água comumente verificada no semiárido brasileiro. Essa situação se caracteriza como uma crise hídrica histórica e que vai além da interferência negativa de uma política mitigadora, que não realiza ações preventivas, deixando que os recursos hídricos se degradem em relação ao seu aspecto quantitativo e qualitativo (REBOUÇAS, 1997). Mediante os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é possível perceber a causa de uma série de transtornos para a população, pois ainda no ano de 2019, apenas 85,5% e 68,3% dos domicílios brasileiros possuíam rede de abastecimento de água e esgotamento sanitário,

respectivamente. Esse déficit reflete na saúde do cidadão, pois a falta de saneamento básico ocasiona propagação de doenças como diarreia, cólera, leptospirose e entre outras, somando-se um total de 2245 municípios com registros de tais doenças, de acordo com o IBGE.

Diante desse contexto, fica visível a importância que um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) possui e para que este cumpra sua função de distribuir água de qualidade e em quantidade adequada à população, é necessário que sua concepção leve em consideração uma série de fatores inerentes ao local de implementação do SAA, como por exemplo, a qualidade da água bruta, topografia, quantidade e tipologia dos consumidores, clima e entre outros (Oliveira, 2016). Contudo, uma concepção adequada, não garante que após instalado, o SAA será operacionalizado adequadamente, necessitando realizar uma avaliação periódica de seu desempenho, utilizando indicadores e índices que representem aspectos operacionais, administrativos e financeiros.

Em face da quantidade exorbitante de indicadores e índices que avaliam o desempenho de um SAA, muitas vezes é difícil analisar de forma global a situação dessa infraestrutura. Sendo assim, o uso de uma análise multicriterial se torna uma ferramenta interessante para o setor de saneamento (CAMPOS, 2011).

De acordo com Parreiras (2006), o método multicritério ajuda o tomador de decisão a selecionar a melhor alternativa em um cenário de incertezas, imprecisões e ramificações, levando sempre em consideração critérios representativos das características, das alternativas e as preferências do tomador de decisão, tornando a escolha mais coesa, apesar de subjetiva. Nesse sentido, o método multicritério faz uso de um agrupamento de indicadores e índices, capazes de possibilitar um comparativo, ao qual é possível analisar o objeto ou episódio estudado. No caso de um SAA, a utilização de indicadores e índices para avaliar a condição de desempenho do sistema já é bastante difundida em seu meio, facilitando a aplicação de um método multicritério para essa infraestrutura.

Sendo assim, neste trabalho será realizada uma avaliação do desempenho do sistema de abastecimento de água do município de Aguiar, localizado no interior do estado da Paraíba, utilizando como meio de acesso às informações o banco de dados disponível no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e uma metodologia de análise multicriterial, através da utilização do método ELECTRE II. A localidade foi selecionada com base nas más condições de distribuição de água e, portanto, o objetivo da pesquisa é avaliar qual fator mais influencia essa situação de desabastecimento, a fim de proporcionar aos tomadores de decisão melhor entendimento sobre o cenário e possibilidade de selecionar critérios que amenizem ou solucionem os problemas do sistema da rede.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho do SAA do município de Aguiar – PB, utilizando método multicritério sob o enfoque de indicadores e índices do SNIS.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar indicadores e índices do SNIS que possam representar o desempenho do SAA, em relação a fatores operacionais, de administração, econômico-financeiro e de qualidade;
- Verificar o aspecto de desempenho global do SAA do município de Aguiar – PB, por meio de metodologia multicriterial;
- Indicar melhorias que o SAA de Aguiar necessita realizar para aperfeiçoar a prestação do serviço de abastecimento de água.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é um líquido extremamente importante para a sobrevivência humana e dos demais seres vivos do planeta, além disso, ainda exerce um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico da humanidade. Devido a essas condições ela pode ser empregada no abastecimento humano, agropecuária, indústria, mineração, aquicultura, geração de energia, navegação, lazer, entre outras atividades humanas (ANA, 2017), assim como apresentado no Quadro 1 que mostra os usos da água e a qualidade requerida para aquele uso.

**Quadro 1 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade**

Uso geral	Uso Específico	Qualidade requerida
Irrigação	Plantação de vegetais, hortaliças, produtos ingeridos com ou sem casca e demais plantações.	Ausente de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, ao solo e as plantações e com baixa salinidade.
Fins industriais	À água entra em contato direto com o alimento ou é incorporada ao produto (bebidas, remédios e alimentos) e à água pode não entrar em contato com o produto (caldeiras e refrigeração).	Com baixa dureza e agressividade, além de ser ausente de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde. Precisa ter baixa turbidez, sem cor, odor e sabor.
Abastecimento doméstico	Consumo direto, através de preparo de alimentos, higiene pessoal e limpeza de lugares e superfícies.	Com baixa dureza e agressividade, além de ser ausente de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, adequada para uso doméstico e com baixa turbidez, sem cor, odor, sabor e isenta de microrganismos.
Lazer	Uso não consuntivo da água.	Ausente de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde e com aparência agradável.
Transporte		Pouco aparecimento de material grosseiro que possa causar danos às embarcações.
Dessedentação de animais		Livre de organismos e substâncias químicas prejudiciais a hígidez dos animais.

Fonte: Adaptado de Sperling (1998).

Dentre esses usos, aquele que é mais imprescindível é o abastecimento humano, pois ele é a garantia de sobrevivência e está diretamente relacionado ao aspecto de saúde e dignidade e, por consequência, permite o desenvolvimento humano, sendo não só um direito imprescindível, como também um significativo indicador do progresso de uma nação (GUEDES, 2013; PNUD, 2006).

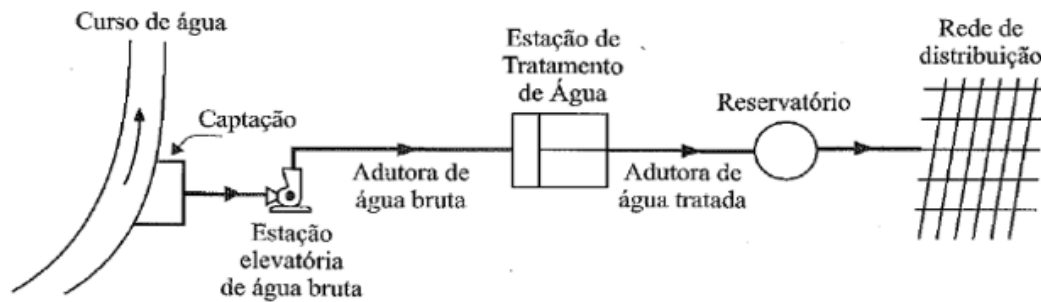
### **3.1. Avaliação do desempenho de um Sistema de Abastecimento de Água**

Não obstante, a Organização das Nações Unidas (ONU) inseriu no escopo dos objetivos do desenvolvimento sustentável em 2015, a busca por acesso a água em quantidade e qualidade adequadas, através de metas que garantirão não apenas esse acesso até 2030, como também, higiene igualitária para todos, a fim de acabar com a defecação a céu aberto, dando uma atenção particular para as necessidades das meninas e mulheres, e dos demais que se encontram em situação de vulnerabilidade; conter a poluição da água por meio da eliminação de despejos, minimização da liberação de produtos químicos e materiais perigosos, além de reduzir pela metade a proporção de águas residuais não tratadas para assim, aumentar o índice de reciclagem e reutilização segura pelo o globo; diminuir o número de pessoas que sofrem com a falta d'água por intermédio de abastecimento de água doce, intensificar a eficiência do uso da água em todos os setores, ademais de, garantir retiradas sustentáveis.

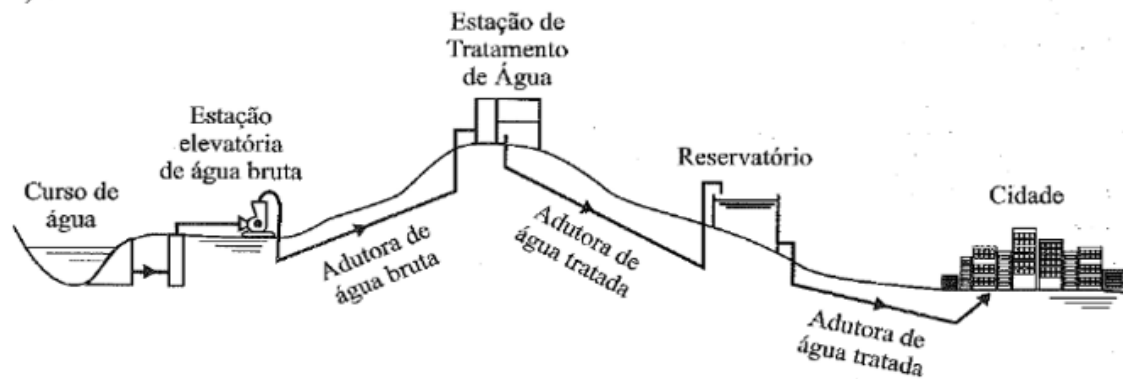
Para alcançar alguns desses objetivos é necessário instalar uma infraestrutura que disponibilize água para as pessoas. Das diversas técnicas disponíveis o SAA é a maneira mais completa e segura de distribuir água a uma população. Para a FIOCRUZ (2010), os sistemas de abastecimento de água (SAA) são construções advindas da engenharia, designadas para garantir o conforto às populações e compor a infraestrutura dos aglomerados populacionais, além de ter como prioridade, superar os riscos à saúde que podem vir da água. O SAA é constituído de manancial, captação, adução, tratamento, reservatório, rede de distribuição e ligações prediais, estações elevatórias ou de recalque, ordenados segundo Figura 1.

Figura 1 – Unidades do sistema de abastecimento de água

a) Planta



b) Perfil



Fonte: Tsutiya, (2006).

Diante disso, é importante ressaltar que a instalação de um SAA por si só não é capaz de garantir um abastecimento de água seguro, para isso é necessário que o SAA possua um bom desempenho (BRASIL, 2006). Esse bom desempenho, por sua vez, inicia-se desde a concepção do projeto, em que se deve considerar todas as suas condicionantes, como por exemplo, o porte de onde será construído o sistema, pois o tamanho da comunidade determina as diferentes configurações que o mesmo deverá ter, como diâmetro e vazão de produção. Considerar também a densidade demográfica, pois esse aspecto influirá na solução, seja ela coletiva ou individual, seguida de uma rede ou não. Outro condicionante importante da concepção, é o manancial, nessa etapa vários procedimentos são concebidos, visando uma análise mútua da qualidade e quantidade da água. Fatores como topografia, condições geológicas e geotécnicas, instalações já existentes, energia elétrica, recursos humanos e condições econômico-financeiras também são condicionantes da concepção de um sistema de abastecimento, assim como o alcance de projeto, uma vez que, conhecido o ano em que será concebido e dimensionado o SAA, isso influenciará diretamente em outros pontos, como o financeiro (HELLER; PADUA, 2006).

Ainda que a concepção do SAA tenha sido feita adequadamente, é necessário que este seja monitorado, a fim de manter baixos níveis de impacto negativo ao meio ambiente, a sociedade e a economia. Para tanto, comumente são utilizados Indicadores de Desempenho (ID), que são valores qualitativos ou quantitativos capazes de descrever a eficiência e eficácia do SAA, tornando a avaliação de mais fácil entendimento (MIRANDA; TEIXEIRA, 2004).

Desta forma, a eficácia deve ser entendida como o nível de cumprimento de objetivos, sejam eles declarados ou requeridos, enquanto que a eficiência é o nível de otimização do uso de recursos, maximizando os resultados com o mínimo de recursos possível. Sendo assim, os ID podem ser usados por uma série de agentes na avaliação de uma entidade gestora, desde o seu desempenho, até uma própria avaliação interna (MATOS et al., 2004).

A predileção do uso de ID em SAA se dá porque, quando bem selecionados, proporcionam uma interpretação adaptada do funcionamento dos serviços de saneamento, expondo as fragilidades e capacidades que o mesmo possui, tornando possível o julgamento dos impactos dessa infraestrutura no contexto demográfico, de saúde pública e de resposta dos atores do setor (SCHNEIDER et al., 2010). Além disso, os ID agregam um conjunto vasto de informações, que permite inclusive a padronização da forma de avaliação dos SAA, que consequentemente promove a possibilidade de comparação entre os sistemas (HAMDAN, 2016). Isso ocorre porque é expresso cada nível do desempenho atingido por todo indicador de desenvolvimento, fazendo com que a comparação entre os objetivos de gestão e os resultados obtidos sejam diretos e claros (ALEGRE, 2004).

Ainda no que se refere aos indicadores de desempenho (ID), os mesmos se fazem oportunos no processo de tomada de decisão, uma vez que, esse processo fundamenta-se na informação disponível e os ID, por sua vez, permitem uma melhor e mais apropriada resposta da entidade gestora, além de um acompanhamento fácil e claro dos efeitos dessas decisões tomadas (ALEGRE, 2004).

Visto isso, fica claro que os indicadores de desempenho são fundamentais numa avaliação de um sistema de abastecimento de água, pois traz toda uma transparência nas considerações, ajudando assim, o tomador de decisão (BEZERRA; PERTEL; MACEDO, 2019).

Para se fazer o uso desses indicadores no Brasil, têm-se à disposição um banco de dados sobre saneamento, onde a maioria são encontrados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) e na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Esses disponibilizam informações de indicadores sobre o fornecimento de serviços água, esgotos, manejo de resíduos sólidos e

manejo de águas pluviais, todos os dados provenientes dos prestadores que exercem no Brasil; informações gerais das agências, como abastecimento de água e esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana, além de características financeiras e operacionais; informações de maneiras opcionais de abastecimento das populações, captação, acomodação da qualidade e fornecimento da água por meio de rede geral de distribuição, ademais da gestão de municipal do saneamento básico, respectivamente (SNIS; ABAR; IBGE, 2021).

### **3.2. Análise multicritério**

Para avaliar o desempenho de um SAA é necessário o uso de muitas variáveis, o que cria um alto nível de complexidade e incertezas sobre como está a situação do sistema. Neste sentido, modelos de apoio a tomada de decisão são utilizados para diminuir a complexidade e incertezas, tornando as escolhas mais confiáveis e permitindo um gerenciamento mais eficiente dos recursos ambientais, sociais e econômicos (GOFFI, 2017).

Modelos de apoio a tomada de decisão são especialmente úteis quando há várias alternativas complexas, uma necessidade de assertividade e mais de uma opinião sobre a efetividade destas, aumentando as possibilidades de acerto por deter uma maior quantidade de avaliações sobre o tema (CÔRTEZ, 2009). Logo, fica evidente que na existência de múltiplos objetivos conflitantes, encontra-se uma série de soluções não-dominadas, em que a seleção da melhor solução deve ser embasada em profundo conhecimento sobre o problema (PARREIRAS, 2006).

No conjunto de modelos de apoio a tomada de decisão existe a análise multicritério (*Multi-Criteria Analysis - MCA*), que tem como uma de suas finalidades, orientar escolhas com base em um conjunto de interesses, em um ambiente de incertezas, circunstâncias duvidosas, conflito entre informações e ocorrência de vários critérios. Diante disso, é possível observar que esse tipo de análise consegue tratar de problemas dinâmicos, que sofrem alteração ao longo da resolução, uma vez que, o próprio processo de decisão faz parte do problema (PARREIRAS, 2006).

O uso de modelos à tomada de decisão tem como principal benesse, a possibilidade de testar primeiramente, os resultados de suas escolhas, antes que as mesmas sejam executadas, gerando um aumento de benefícios, podendo reduzir problemas ou impactos considerados negativos, além de considerar variáveis do tipo custo e simplicidade (GOFFI, 2017). Outra vantagem é o fato de possibilitar ao tomador de decisão adquirir informações suficientes para que se obtenha a solução mais viável a sua problemática, mesmo que essa esteja com uma má

estruturação (FERNANDES, 1996). Visto isso, fica evidente que o método de tomada de decisão MCA, pode ser de grande proficiência na avaliação do desempenho de um sistema de abastecimento de água, uma vez que a análise multicriterial analisa minuciosamente cada elemento do SAA e a influência que os mesmos geram no resultado final do projeto em condições de viabilidade econômica, além do fato de dividir em níveis e conceder prioridades às variáveis de projeto para cada conjuntura estudada (FERREIRA, 2018).

Quanto as desvantagens das abordagens multicritério, é possível citar o fato de não existir um método singular de aplicação que elimine as incapacidades de cada um dos prováveis métodos encontrados. Também, não há, em muitos casos, uma definição sucinta das situações que melhor se adapte a cada um dos métodos, fazendo-se necessária a realização de testes e discernimento na hora de fazer a escolha (OLIVEIRA, 2016).

Todavia, isso não inviabiliza o uso do método multicritério, na verdade, seu emprego é crescente, usufruindo de uma metodologia onde no momento da elaboração do problema, seja necessário conhecer o influxo do ambiente externo, as situações de incerteza e os valores distintos que cada autor ou autores de decisão possuem. Nesse período, também devem ser estudadas as possibilidades e metas a serem alcançadas. Feito isso, a próxima etapa é a concepção do modelo, onde o autor decisor terá que analisar os critérios, as resultâncias das alternativas; e os valores e as preferências que são configuradas. A parte final da utilização do modelo, é quando ele apresenta os resultados, bem como suas ações posteriores (CAMPOS, 2011).

No momento presente, existe uma diversidade de métodos multicriteriais encontrados na literatura, há exemplo, a família ELECTRE, cuja a estrutura se baseia nos métodos de superação. Esse grupo de métodos é proveniente do primeiro método, o ELECTRE I, exposto no ano de 1968, por Bernad Roy. Essa família de modelos a tomada de decisão tem como parâmetro o conceito de concordância e discordância, no qual mensura a vantagem de uma preferência em relação a outra, ou avalia a desvantagem de uma preferência em relação as demais, respectivamente (OLSON, 1997).

É importante esclarecer que o modelo ELECTRE pode ser aplicado em diferentes problemáticas e com um modelo que se adeque a cada situação, como por exemplo, em problemas onde se é necessário a escolha da melhor alternativa entre as demais, nesse caso, os métodos ELECTRE I, IV são os ideais (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Já a aplicação dos métodos ELECTRE II, III e IV são feitas em situações onde é preciso ordenar as preferências da melhor para a pior (GOVINDAN; JEPSEN, 2015).

Como já visto, o ELECTRE II é uma ramificação do ELECTRE I, no entanto, quando comparado com seu primogênito, ele é considerado uma evolução ao seu antecessor. Tal modelo multicriterial foi criado Por Roy e Bertier no ano de 1973, e usado em problemas que envolvem ordenação. Sua metodologia faz uso de uma formulação que se baseia na concessão de duas relações de superação, onde uma é forte e a outra fraca. Segundo Campos (2011), para pôr em vigor estas relações, é necessário admitir três índices de concordância e dois de discordância. Além disso, o modelo ELECTRE II determina que se cumpra uma ordenação integral sobre um conjunto de preferências, e para isso, é necessário inicialmente que se satisfaça as condições onde a medida de concordância esteja acima de um nível mínimo de aceitação, já a medida da discordância tem que estar abaixo de um nível máximo aceitável (TROJAN; MORAIS, 2011).

Diante do exposto, evidencia-se que o método ELECTRE II pode ser facilmente empregado em problemáticas relacionadas a aos recursos hídricos, saneamento, ou que envolvam o meio ambiente como um todo (ZUFFO *et al.*, 2002). Isto ocorre porque, esse modelo tem como objetivo a ordenação derivada da predileção pela maioria e demonstra uma característica não compensatória entre os critérios (TROJAN; MORAIS, 2011).



## 4. METODOLOGIA

Este capítulo consiste no detalhamento da metodologia empregada para este trabalho, expondo todo o processo de caracterização e planejamento da pesquisa, escolha do local de estudo e execução do método multicritério para a avaliação do sistema de abastecimento de água.

### 4.1. Planejamento e classificação da pesquisa

Segundo Fontenelles *et al.* (2009), cada pesquisa possui um delineamento diferente, isso porque, diferentes métodos são empregados para atender aos objetivos traçados. Sendo assim, segundo Boissel (2004), Fontenelles *et al.* (2009), Kendall (2003) e Silva e Menezes (2001) a pesquisa é classificada como aplicada, observacional e quali quantitativa, uma vez que, esta possui a função clara de orientar tomadores de decisão quanto às características do SAA de Aguiar - PB, utiliza dados secundários para caracterizar o objeto de estudo e utiliza técnicas matemáticas e subjetivas para obter e analisar os resultados. Além disso, ao utilizar o método multicritério ELECTRE II, possui, segundo Campos (2011), uma perspectiva discreta, construtiva e prescritiva, pois utiliza de informações parciais sobre o objeto em estudo para entendê-lo por completo, levando em consideração aspectos tanto do decisor e de interessados.

Para melhor definição das características da pesquisa, o Quadro 2 foi elaborado.

**Quadro 2 – Caracterização da pesquisa**

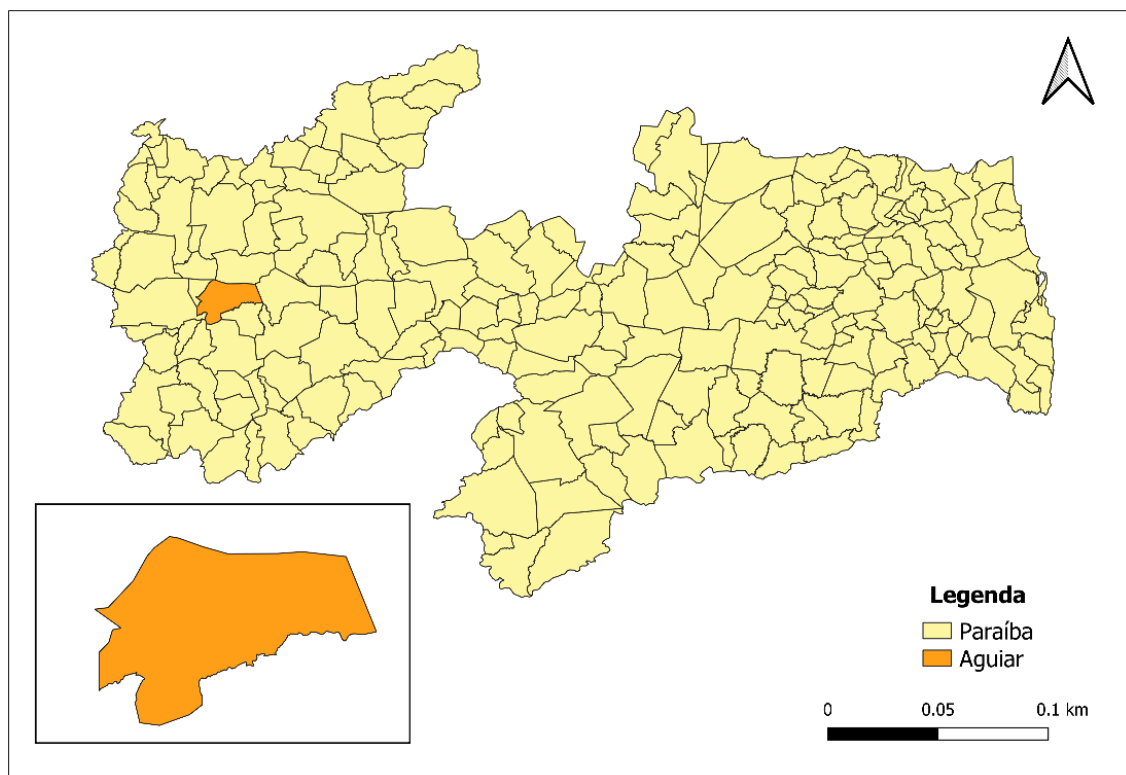
<b>Classificação do estudo científico</b>	<b>Tipo de pesquisa</b>
Quanto à finalidade	Pesquisa Aplicada
Quanto à natureza	Pesquisa Observacional
Quanto à forma de abordagem	Pesquisa Quali quantitativa
<b>Classificação do modelo de apoio à tomada de decisão multicritério</b>	<b>Classificação</b>
Modelo	ELECTRE II
Perspectiva	Prescritivo e construtivo
Quanto ao número de alternativas	Discreto

Fonte: Elaborado pela autora.

## 4.2. Área de estudo

A localidade selecionada para a aplicação do estudo foi o município de Aguiar, localizado na mesorregião do sertão paraibano com coordenadas geográficas de latitude 7° 5' 35" Sul e longitude 38° 10' 12" Oeste, onde junto com mais 18 municípios formam o Vale do Piancó. Aguiar é uma cidade que possui aproximadamente 5.530 habitantes de acordo com o último censo do IBGE (2010), tendo uma extensão territorial de 351,607 km<sup>2</sup>.

**Figura 2 – Mapa de localização do município de Aguiar - PB**



Fonte: Elaborada pela autora.

O município foi escolhido pela facilidade na coleta das informações, ademais de possuir um SAA simples, com captação feita no açude Frutuoso II, pertencente ao próprio município, com uma capacidade de até 3.511 m<sup>3</sup> e estando atualmente com 84% do seu volume total (AESAs, 2021). Além disso, esse sistema sofreu com problemas de estiagem, tendo passado por situação de racionamento desde 2015, há maio de 2020, totalizando 5 anos de abastecimento inadequado a população (CAGEPA, 2019; G1 PB, 2020; JORNAL DA PARAÍBA, 2015; PORTAL CORREIO, 2018).

Uma outra característica do sistema, é que mesmo sua adutora (de 4 Km de extensão) e manancial estando localizados no próprio município, apenas a população residente na zona urbana usufrui do SAA, não tendo abastecimento de água os moradores da zona rural de Aguiar.

### **4.3. Escolha dos critérios**

O método multicriterial selecionado foi o ELECTRE II que tem como conceito a escolha entre uma alternativa de preferência forte e outra de preferência fraca, possibilitando a identificação de qual aspecto do abastecimento de água do município de Aguiar se encontra em melhor condição.

Para a determinação das condições do SAA de Aguiar, foi necessário a utilização de índices e indicadores selecionados do banco de dados do SNIS, para que, a partir destes fosse possível distinguir quais critérios melhor se integravam a uma avaliação do SAA. Essas informações que o SNIS apresenta se encontram em um glossário de indicadores do ano de 2019 e foram categorizados segundo aspectos econômico – financeiro e administrativo, operacional e de qualidade.

Essas categorias foram definidas porque são capazes de qualificar o SAA, uma vez que cada uma delas é representada por indicadores que expressam características específicas do sistema, como por exemplo atendimento e perdas na distribuição da água, produtividade e investimentos na rede, além de indicar as suas interrupções.

Com base nisso, dez critérios foram selecionados para compor essas categorias, os quais estão definidos no Quadro 3. Esses critérios são provenientes do SNIS e representam índices e indicadores do monitoramento dos SAA de municípios brasileiros, inclusive os códigos referentes ao SNIS e seus significados estão apresentados no Quadro 4. Vale a pena ressaltar que os dados dos critérios são de 2019, ano mais recente em que foram disponibilizados todos os critérios para o município de Aguiar. Também é importante destacar que a escolha dos critérios para a avaliação do SAA foi baseada no *Chek List* de Claudino (2018), assim como a nomeação de cada categoria e seus significados.

Quadro 3 – Definição dos critérios

<b>Categoria</b>	<b>Nomeação</b>	<b>Definição</b>
<b>Operacional</b>	O1	É a razão entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total residente do município com abastecimento de água, segundo o IBGE.
	O2	É a razão entre o volume de água tratada em ETAs, volume de água tratada por simples desinfecção, volume de água tratada importado, volume de água produzido e volume de água tratada importado.
	O3	É a razão entre a quantidade de água extravaziada através de meios reais ou virtuais, pela quantidade total de água produzida.
	O4	É a razão entre o volume da quantidade de água consumida, pela população total atendida com abastecimento de água.
<b>Econômico – financeiro e administrativo</b>	E1	É a razão entre a receita operacional direta de água, receita operacional direta de água exportada (bruta ou tratada), pelas despesas totais com os serviços (DTS).
	E2	É a razão entre a receita operacional total (direta + indireta) e arrecadação total, pela receita operacional total.
	E3	É a razão entre o investimento realizado em abastecimento de água pelo prestador de serviços, investimento realizado em abastecimento de água pelo município e o investimento realizado em abastecimento de água pelo estado, pela receita operacional total (direta + indireta).
	E4	É a razão da quantidade total de empregados próprios, pela quantidade de ligações ativas de água e quantidade de ligações ativas de esgotos.
<b>Qualidade</b>	Q1	É a razão entre a quantidade de reclamações ou solicitações de serviços, pela quantidade de serviços executados.
	Q2	É a razão entre a quantidade de paralisações no sistema de distribuição de água, pela extensão da rede de água.

Fonte: SNIS (2019).

**Quadro 4 – Caracterização dos índices escolhidos**

<b>Nomeação</b>	<b>Referência no SNIS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Significado</b>
O1	IN055	%	Índice de atendimento total de água.
O2	(AG007+AG015+AG018) / (AG006+AG018)	%	Índice de tratamento de água.
O3	IN049	%	Índice de perdas na distribuição.
O4	IN022	l/habitantes/dia	Consumo médio per capita de água.
E1	IN012	%	Indicador de desempenho financeiro.
E2	IN029	%	Índice de evasão de receitas.
E3	(FN023+FN042+FN052) / FN005	%	Índice de investimentos no sistema de água.
E4	IN048	empregados/mil ligações.	Índice de produtividade.
Q1	QD023/QD024	reclamações/serviços	Reclamações resolvidas.
Q2	QD002/AG005	paralisação/Km	Paralisação na distribuição por extensão de rede de água.

Fonte: SNIS (2019).

Na categoria econômico – financeiro e administrativo foram selecionados 4 índices, dos quais 3, já tinham seus valores fornecidos pelo próprio SNIS, o E1 (IN012), E2 (IN029) e E4 (IN048). Para o critério E3 foi preciso fazer o cálculo entre a soma das informações de investimento realizado em abastecimento de água pelo prestador de serviços (FN023), mais o investimento realizado em abastecimento de água pelo município (FN042) e o investimento realizado em abastecimento de água pelo estado (FN052), tudo isso dividido pela receita operacional (FN005).

Para a categoria operacional, os critérios selecionados foram o O1 (IN055), O2, O3 (IN049) e O4 (IN022). Como o único dos critérios que não tinham seus valores fornecidos diretamente pelo SNIS era O2, foi realizado o cálculo somando as informações de volume de água tratada na estação de tratamento de água (AG007), mais o volume de água tratada por simples desinfecção (AG015) e de tratada importado (AG018), dividido pela soma do volume de água produzido (AG006) mais o de tratada importado (AG018).

Por último, a categoria de qualidade, fez uso de dois indicadores o Q1 e Q2 os quais necessitaram ser calculados, pois não eram disponibilizados diretamente pelo SNIS. O Q1 foi

calculado através da divisão da informação de quantidade de reclamações (QD023), pela quantidade de serviços executados (AG005) e o Q2 foi calculado através da razão entre a informação da quantidade de paralisações no sistema de distribuição de água (QD002), pela sua extensão de rede (AG005).

#### 4.4. Normalização dos critérios

Como os critérios estabelecidos possuem valores com diferentes unidades, foi necessário utilizar a normalização para torná-los adimensionais e assim, ser possível realizar operações matemáticas entre estes. O método de normalização empregado foi o do redimensionamento contínuo, classificando os valores entre os intervalos 0 e 1.

Para a realização desse método, foi utilizada a Equação 1 nos casos em que os critérios demonstrem melhor desempenho quanto maior for o seu valor, já a Equação 2 é usada para os casos em que os critérios demonstrem melhor desempenho quanto menor for o seu valor.

$$S_i = \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$S_i = 1 - \left( \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- $S_i$  = valor normalizado;
- $X_i$  = valor a ser normalizado;
- $X_{inf}$  = limite inferior;
- $X_{sup}$  = limite superior.

Como o método do redimensionamento contínuo necessita de limites para identificar condições desejáveis e indesejáveis, foi necessário definir esses limites para cada critério. Essa definição se deu com base em dados a nível nacional e estadual do banco de dados do SNIS, em que, no caso nacional, os limites superior e inferior foram determinados em relação ao melhor e pior desempenho em cada critério para as regiões do Brasil, por sua vez, no caso estadual, essa comparação foi feita entre os municípios do estado da Paraíba, o qual o município de Aguiar está inserido.

É importante destacar que os dados em nível estadual utilizaram 210 dos 223 municípios do estado da Paraíba, pois nem todos estes haviam preenchido os dados do SNIS para o ano de 2019.

A determinação de dois níveis de normalização ocorreu para melhor investigar a posição do SAA de Aguiar a nível nacional e a nível estadual, pois no primeiro caso, este será comparado com as regiões brasileiras e no segundo, com os municípios do estado da Paraíba.

Outro aspecto importante a se esclarecer, é que no método do redimensionamento contínuo, quando o valor do critério está acima do limite superior ou abaixo do limite inferior, este é considerado 1 e 0, respectivamente.

De forma específica, as Equações 1 e 2 não foram utilizadas para o critério O4, denominado de consumo médio per capita de água, pois esse critério possui uma característica particular quanto ao seu valor. Se muito alto, pode se enquadrar em desperdício de água, e se muito baixo, em acesso limitado de água. Por isso, segundo a ONU, o valor ideal é estabelecido por 100 l/hab./dia e seus limites superior e inferior por 200 l/hab./dia e 50 l/hab./dia, respectivamente.

Para realizar a normalização do critério O4 foi preciso utilizar duas novas equações. A Equação 3 que é usada em casos no qual o critério de consumo médio de água está abaixo de 50 l/hab./dia e 100 l/hab./dia, e a Equação 4, usada quando o O4 está acima de 100 l/hab./dia. No caso do município de Aguiar foi utilizado apenas a Equação 3, pois o consumo médio da cidade não ultrapassou 100 l/hab./dia.

$$S_i = \frac{X_i - 50 \left[ \frac{l}{hab} ./ dia \right]}{100 - 50} \quad (\text{Equação 3})$$

$$S_i = 1 - \left( \frac{X_i - 100 \left[ \frac{l}{hab} ./ dia \right]}{200 - 100} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

- $S_i$  = valor normalizado;
- $X_i$  = valor a ser normalizado.

Para melhor caracterizar a normalização, o Quadro 5 especifica quais equações foram utilizadas para normalizar cada critério e qual a relação de eficiência foi usada, de maneira que maximizar significa que quanto maior o valor do critério, melhor seu desempenho, enquanto

que minimizar significa que quanto menor o valor do critério, melhor seu desempenho. Enquanto isso, as Tabelas 1 e 2 representam a normalização para os níveis nacional e estadual, respectivamente.

**Quadro 5 – Relações de eficiência e equações utilizadas para normalização de cada critério**

<b>Categoria</b>	<b>Critério</b>	<b>Relação de eficiência</b>	<b>Equação utilizada</b>
<b>Operacional</b>	Índice de atendimento total de água.	Maximizar	1
	Índice de tratamento de água	Maximizar	1
	Índice de perdas na distribuição	Minimizar	2
	Consumo médio per capita de água.	Limite Ótimo	3 e 4
<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	Indicador de desempenho financeiro.	Maximizar	1
	Índice de evasão de receitas	Minimizar	2
	Índice de investimentos no sistema de água	Maximizar	1
	Índice de produtividade	Maximizar	1
<b>Qualidade</b>	Reclamações resolvidas	Maximizar	1
	Paralisação na distribuição por extensão de rede de água	Minimizar	2

Fonte: Adaptado de Claudino (2018).



Tabela 1 – Limites superior e inferior a nível nacional

CRITÉRIOS										
REGIÕES	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
Centro -Oeste	89,7	0,99	31,7	147,8	106,12	4,94	0,11	0,13	1,08	0,17
Nordeste	73,9	0,96	46,5	120,6	98,75	7,47	0,11	0,11	1,23	0,10
Norte	57,5	1,56	55,7	129,1	0,75	129,12	0,21	0,17	1,14	0,10
Sudeste	91,1	0,99	36,6	177,4	1,17	106,88	0,08	0,15	1,49	0,09
Sul	90,5	1,00	38,2	152,3	1,11	104,50	0,09	0,14	1,23	0,05
Superior	91,1	1,56	31,70	Limite	106,12	4,94	0,21	0,17	1,49	0,05
Inferior	57,5	0,96	55,70	ótimo	0,75	129,12	0,08	0,11	1,08	0,17

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 2 – Limites superior e inferior a nível estadual

CRITÉRIOS										
PARAÍBA	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
LIMITES										
Superior	100	1	0	Limite	353,48	-54,85	760,19	275	15,66	0
Inferior	0	0	81,97	ótimo	0	100	0	0	1	2,87

Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.5. Ponderação dos critérios

Para a execução do método ELECTRE II é necessário ter conhecimento sobre o peso que cada critério possui, ou seja, qual dispõe de maior relevância em um SAA. Sendo assim, foi realizada a ponderação dos critérios.

A ponderação empregada nesse estudo foi a que Claudino (2018) realizou, onde a mesma levantou um questionário entre nove professores divididos entre os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para que estes avaliassem qual critério detém maior importância no funcionamento de um SAA.

De acordo com Claudino (2018), os especialistas poderiam atribuir os valores 1, 2 e 3 para cada critério. Sendo o valor 1 dado para o critério considerado de baixa relevância, o valor 2 para o critério de relevância média e o valor 3 para o critério dotado de grande relevância para o SAA. Todos esses valores da votação, bem como, seus valores percentuais se encontram na Tabela 3.

**Tabela 3 - Pesos utilizados**

<b>Categorias</b>	<b>Crítérios</b>	<b>Moda dos pesos</b>	<b>Percentual para cada categoria (%)</b>	<b>Percentual do cenário geral (%)</b>
<b>Operacional</b>	O1	3	17,65	8,57
	O2	3	17,65	8,57
	O3	3	17,65	8,57
	O4	2	11,76	5,71
<b>Econômico - Financeiro e Administrativo</b>	E1	3	30,00	8,57
	E2	2	20,00	5,71
	E3	2	20,00	5,71
	E4	1	10,00	2,86
<b>Qualidade</b>	Q1	3	37,50	8,57
	Q2	2	25,00	5,71

Fonte: Adaptado de Claudino (2018).

#### 4.6. Matrizes do método ELECTRE II

Depois de normalizado e ponderado os critérios, é possível, então, criar as matrizes de concordância e discordância do método ELECTRE II. A matriz de concordância é aquela que mede a vantagem de uma alternativa entre às outras, enquanto que, a matriz de discordância estima a desvantagem de uma alternativa entre as restantes.

Nesse estudo cada uma dessas matrizes citadas foi elaborada de forma conjunta para cada categoria, a fim de analisar qual setor se encontra em melhor funcionamento e qual deles apresenta pior desempenho no SAA do município de Aguiar, e assim possibilitar ao tomador de decisão o entendimento da conjuntura que o SAA se encontra.

A primeira a ser construída foi a matriz de concordância a partir da Equação 5. Em seu cálculo foi feita uma comparação par a par com cada alternativa, ou seja, com cada categoria, onde o valor de cada comparação alterna em um intervalo de 0 e 1.

$$C_{l,k} = \frac{\sum_j w^+ + \frac{1}{2} w^- + (0xw^-)}{\sum_j w_j} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

- $C(l,k)$  = Grau de concordância entre as alternativas l e k;
- $W^+$  = peso do critério em que a alternativa é preferível;
- $W^=$  = peso do critério em que a alternativa se iguala a outra;
- $W^-$  = peso do critério em que a alternativa não é preferível;
- $W_j$  = todos os pesos.

Essa matriz se constitui na preferência do decisor em escolher uma alternativa “i” ao invés da alternativa “j”, considerando um critério “k” como base de escolha, desta forma, é viável resumir essa concepção da seguinte maneira:

- A opção i(k) é preferível em relação a opção j(k) com relação ao critério k, logo,  $i(k) > j(k)$ ;
- A opção i(k) é equivalente a opção j(k) com relação ao critério k, logo  $i(k) = j(k)$ .

Com relação a matriz de discordância, ela é um conceito complementar ao da matriz de concordância, pois expressa insatisfação na escolha de uma alternativa “i” em relação a alternativa “j”, relevando um critério “k”. Ela segue a mesma estruturação da sua antecessora, fazendo uma comparação par a par de cada categoria e resultando um valor que varia entre 0 e 1. A construção da matriz de discordância é feita pela Equação 6.

$$D_{i,j} = \max \frac{[z(j, k) - z(i, k)]}{r} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

- $D(i,j)$ = Grau de discordância entre as alternativas i e j em relação ao critério k;
- $Z(j,k)$  = lê-se avaliação a alternativa j em relação ao critério k;
- $Z(i, k)$ = lê-se avaliação a alternativa i em relação ao critério k
- $R$  = maior valor superior da escala numérica (de todos os critérios).

Uma outra matriz que deve ser montada no ELECTRE II, é a matriz de veto, uma matriz que é subsequente às demais e expressa a preferência em função da outra por meio de umbrais, valores limites representados pelas letras p e q. O umbral p representa a preferência, já o q é o umbral de indiferença. O valor do umbral de preferência (p) é estabelecido pelo valor maior ou igual a média das concordâncias, e o umbral de indiferença (q) é dado pelo valor maior ou igual a média das discordâncias (VIANNA, 2018) e estão apresentados na Tabela 4 para os níveis nacional e estadual.

**Tabela 4 – Umbrais de preferência e indiferença**

<b>Nível Nacional</b>		
<b>Umbral</b>	<b>Sigla</b>	<b>Valor</b>
Preferência	p	0,19
Indiferença	q	0,23
<b>Nível Estadual</b>		
<b>Umbral</b>	<b>Sigla</b>	<b>Valor</b>
Preferência	p	0,21
Indiferença	q	0,28

Fonte: Elaborada pela autora.

Depois de selecionados os valores dos umbrais, parte-se para a etapa de do teste de dominância, no qual é feito uma comparação entre as matrizes com base na Equação 7.

$$S_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{se } C(l, k) > p \text{ e } D(i, j) < q \\ 0, & \text{para outros valores} \end{cases} \quad (\text{Equação 7})$$

Com essas condições estabelecidas na Equação 7, é possível construir uma matriz de veto, que estabelece com clareza às conjunturas alcançadas, isso porque, quando a condição é satisfeita o índice analisado recebe o valor 1, assim, a categoria da linha se sobreclassifica, ou seja, possui melhores condições do que as demais da coluna. Mas quando o valor da célula é 0, isso significa que a categoria analisada está em uma condição pior do que as da coluna, logo, ela se subclassifica (ARAUJO; AMARAL, 2015).

Finalizada a construção da matriz de veto, é necessário analisar as condições de superação e prevalência entre as alternativas, e para facilitar essa análise de relações, pode-se fazer o uso de grafos. Segundo Campos (2011), na teoria dos grafos, o subconjunto N que é o conjunto das alternativas é chamado de Kernel e no desenho do grafo, cada círculo compreende a uma ação e cada seta corresponde a relação de sobreclassificação de uma opção em relação a outra, que no caso dessa pesquisa, é feito em relação as categorias. Caso as setas não existam, isso mostra que não é possível a comparação.

Segundo Claudino (2018), a escolha da melhor alternativa se dá por aquela que sofreu menos quantidade de subclassificação, pois isso mostra que a alternativa em questão não foi superada em relação as demais. Além disso, deve apresentar um maior número de sobreclassificação, ou seja, possuir mais vantagens sobre às outras categorias. Desta forma, a pior escolha se classifica naquela que recebeu maior número de subclassificação e menor número de sobreclassificação.

## 5. RESULTADOS

Inicialmente foi montada a matriz de decisão para aplicação do método ELECTRE II, composta por indicadores coletados do banco de dados do SNIS, tendo seus valores dispostos na Tabela 5.

**Tabela 5 – Valores dos critérios**

<b>MATRIZ DE DECISÃO</b>										
<b>CIDADE/ANO</b>	<b>CRITÉRIOS</b>									
	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>O4</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>
AGUIAR/2019	60,60	0,95	11,64	98,50	85,45	5,55	0,00	6,55	1,02	0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Em seguida, foi feita a normalização dos critérios, com seus valores apresentados nas Tabelas 6 e 7, para o nível nacional e estadual, nessa ordem.

**Tabela 6 – Valores dos critérios normalizados em nível nacional**

<b>MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA</b>										
<b>CIDADE/ANO</b>	<b>CRITÉRIOS</b>									
	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>O4</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>
AGUIAR/2019	0,09	0,00	1,00	0,97	0,80	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

**Tabela 7 – Valores dos critérios normalizados em nível estadual**

<b>MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA</b>										
<b>CIDADE/ANO</b>	<b>CRITÉRIOS</b>									
	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>O4</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>
AGUIAR/2019	0,61	0,95	0,86	0,97	0,24	1,00	0,00	0,02	0,00	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

De posse dos critérios normalizados, foi possível realizar a ponderação dos mesmos, tanto em nível nacional, quanto estadual. Os valores para cada nível se encontram nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Tabela 7 – Valores dos critérios normalizados e ponderados em nível nacional

MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA E PONDERADA										
Índices	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
CIDADE/ANO	CRITÉRIOS									
	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
AGUIAR/2019	0,03	0,00	0,27	0,18	0,30	0,25	0,00	0,13	0,00	0,40

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 – Valores dos critérios normalizados e ponderados em nível estadual

MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA E PONDERADA										
Índices	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
CIDADE/ANO	CRITÉRIOS									
	O1	O2	O3	O4	E1	E2	E3	E4	Q1	Q2
AGUIAR/2019	0,17	0,26	0,23	0,18	0,09	0,25	0,00	0,00	0,00	0,40

Fonte: Elaborada pela autora.

Depois disso, foi elaborada a matriz de concordância, com seus valores em caráter nacional expostos na Tabela 10 e em estadual na Tabela 11. Na Tabela 10, mostra a categoria operacional apresentando vantagem sobre a categoria de qualidade, a econômico – financeiro e administrativo apresentando vantagem entre às outras duas e a categoria de qualidade que não apresentou vantagem entre às demais. Já na Tabela 11, é a categoria operacional que mostra vantagem entre as outras, a econômico – financeiro não apresentou vantagem e a de qualidade mostrou vantagem apenas sobre a categoria econômico – financeiro e administrativo.

Tabela 8 – Matriz de concordância em nível nacional

CONCORDÂNCIA			
Categorias	Operacional	Econômico - financeiro e Administrativo	Qualidade
		Operacional	
Econômico -financeiro e Administrativo	0,33	X	0,33
Qualidade	0,00	0,00	X

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 – Matriz de concordância em nível estadual

<b>CONCORDÂNCIA</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Operacional</b>	<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Operacional</b>	X	0,46	0,46
<b>Econômico -financeiro e Administrativo</b>	0,00	X	0,00
<b>Qualidade</b>	0,00	0,21	X

Fonte: Elaborada pela autora.

A outra matriz que se seguiu, foi a de discordância. Na Tabela 12 está o resultado quando comparado em nível nacional, e mostra a categoria operacional com desvantagem quando comparada com a econômico – financeiro e administrativo. Esta, por sua vez, não apresentou desvantagem entre as outras categorias, porém, a de qualidade exibe desvantagem em ambas as comparações com as demais categorias. Em nível estadual, a Tabela 13 mostra que a categoria operacional não apresentou desvantagem, diferentemente da econômico – financeiro e administrativo que exibe desvantagem em todas as comparações. A de qualidade apresenta desvantagem quando comparada com a categoria operacional.

Tabela 10 – Matriz de discordância em nível nacional

<b>DISCORDÂNCIA</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Operacional</b>	<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Operacional</b>	X	0,20	0,00
<b>Econômico -financeiro e Administrativo</b>	0,00	X	0,00
<b>Qualidade</b>	0,07	0,28	X

Fonte: Elaborada pela autora.



Tabela 3 – Matriz de discordância em nível estadual

<b>DISCORDÂNCIA</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Operacional</b>	<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Operacional</b>	X	0,00	0,00
<b>Econômico -financeiro e Administrativo</b>	0,49	X	0,06
<b>Qualidade</b>	0,43	0,00	X

Fonte: Elaborada pela autora.

A matriz de veto foi a última a ser calculada, e apresenta qual categoria se sobressaiu entre as demais. Seu resultado está exposto na Tabela 14 para o nível nacional e na Tabela 15 para o estadual.

Tabela 11 – Matriz de veto em nível nacional

<b>VETO</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Operacional</b>	<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Operacional</b>	X	0	1
<b>Econômico -financeiro e Administrativo</b>	1	X	1
<b>Qualidade</b>	0	0	X

Fonte: Elaborada pela autora.

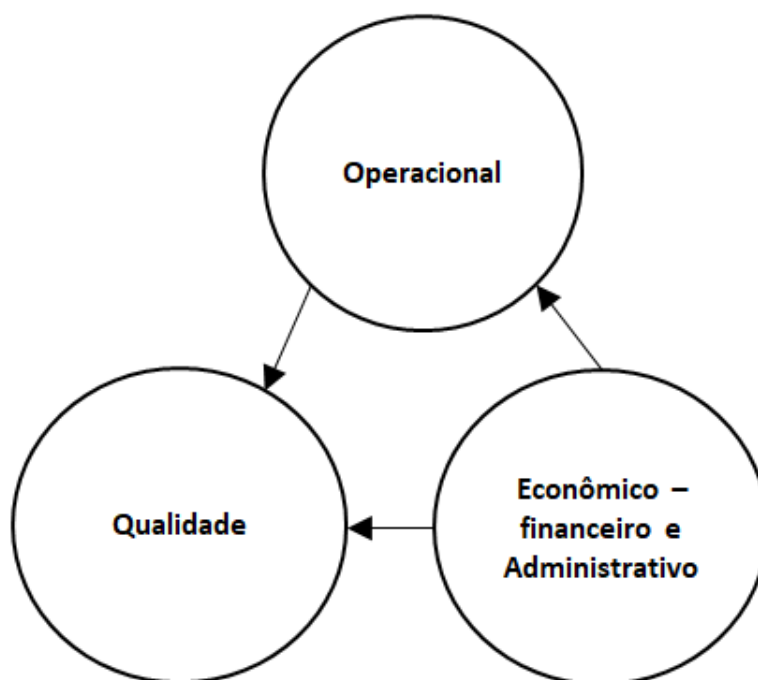
Tabela 15 – Matriz de veto em nível estadual

<b>VETO</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Operacional</b>	<b>Econômico - financeiro e Administrativo</b>	<b>Qualidade</b>
<b>Operacional</b>	X	1	1
<b>Econômico -financeiro e Administrativo</b>	0	X	0
<b>Qualidade</b>	0	1	X

Fonte: Elaborada pela autora.

Para melhor compreensão desses resultados, foram elaborados grafos e Tabelas (16 e 17) para apresentar a colocação no ranking de melhor desempenho entre os setores do SAA do município de Aguiar. Em nível nacional, o primeiro colocado foi o setor econômico – financeiro e administrativo, seguido do operacional e de qualidade. Já em nível estadual, o primeiro lugar foi ocupado pelo setor operacional, em segundo pelo de qualidade e por último, o setor econômico – financeiro e administrativo.

**Figura 3 – Grafo de sobreclassificação em nível nacional**



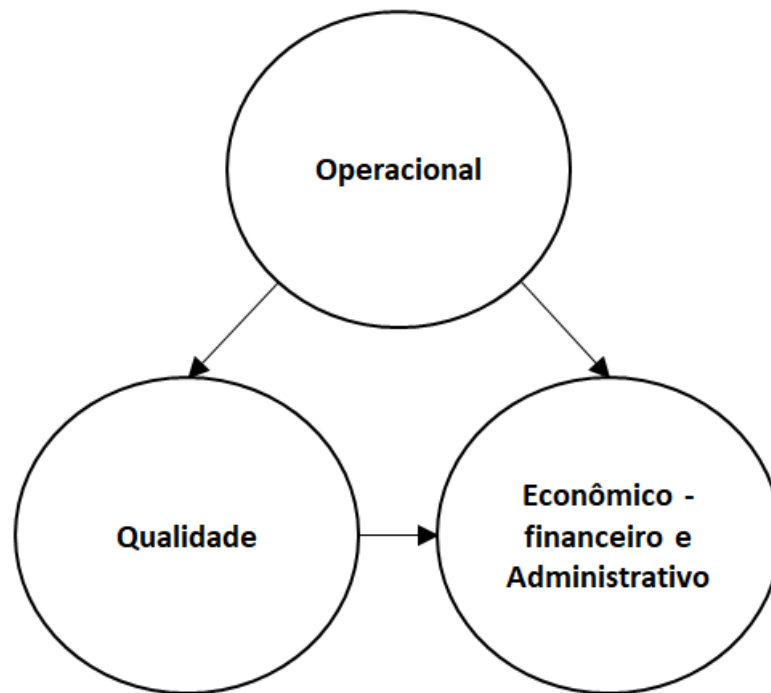
Fonte: Elaborada pela autora.

**Tabela 12 – Matriz de classificação em nível nacional**

<b>Categoria</b>	<b>Sobreclassificação</b>	<b>Subclassificação</b>	<b>Ranque</b>
<b>Operacional</b>	1	1	1° Econômico – financeiro e Administrativo
<b>Econômico – financeiro e Administrativo</b>	2	0	2° Operacional
<b>Qualidade</b>	0	2	3° Qualidade

Fonte: Adaptado de Claudino (2018).

**Figura 4 – Grafo de sobreclassificação em nível estadual**



Fonte: Elaborada pela autora.

**Tabela 13 – Matriz de classificação em nível estadual**

<b>Categoria</b>	<b>Sobreclassificação</b>	<b>Subclassificação</b>	<b>Ranque</b>
<b>Operacional</b>	2	0	1º Operacional
<b>Econômico – financeiro e Administrativo</b>	0	2	2º Qualidade
<b>Qualidade</b>	1	1	3º Econômico – financeiro e Administrativo

Fonte: Adaptado de Claudino (2018).

## 6. DISCUSSÃO

Conforme o planejado para a pesquisa, foi possível utilizar o método ELECTRE II para classificar o SAA do município de Aguiar – PB através de suas categorias, de acordo com cada fase realizada na metodologia.

Na fase de seleção dos critérios houve dois índices com valor 0, o E3 que é o índice de investimentos no SAA e o Q2, que é o índice de paralisação na distribuição por extensão de rede de água. Para o E3, esse resultado se deu pelo fato de não haver nenhum investimento tanto do governo federal, quanto estadual e municipal, nem da prestadora do serviço no SAA de Aguiar em 2019. Isso denota uma falta de cumprimento das políticas públicas quanto ao saneamento básico, visto que, mesmo com a existências de medidas como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que possui como um de seus objetivos levar obras de saneamento para cidades de pequeno porte, não se efetivaram, denotando um cenário de perdas no sistema de distribuição de água (SOUSA; GOMES, 2019).

Em relação a Q2, o resultado ser nulo é devido à falta de mecanismos que registrem as informações, pois desde 2015 o município de Aguiar vem sofrendo com desabastecimento, onde aos sábados e domingos a população residente na zona urbana não recebia água em suas casas. Entretanto, em dois bairros, Vila São Francisco e Lagamar, o racionamento durava ainda mais, chegando a passar um intervalo de 8 dias para ter acesso a água provinda da rede.

Diante da falta de informações desses critérios, fica evidente uma debilidade no entendimento da caracterização do SAA, pois mesmo não inviabilizando o método, foi necessário interpretar o fato desses indicadores possuírem valor 0, mas não expressarem bom desempenho na realidade. Logo, é possível afirmar que o método será melhor empregado em municípios que disponham de informações mais completas.

Na etapa de normalização para o nível estadual, vale a pena ressaltar que nem todos os municípios do estado da Paraíba preencheram o SNIS, os limites máximos e mínimos foram determinados entre 210 municípios dos 223 existentes. Isso pode representar uma fragilidade desse sistema de informação, que muitas vezes não possui a adesão adequada entre os municípios brasileiros, além disso, todas as informações são preenchidas pelos próprios funcionários da prestadora de serviço, gerando uma dúvida a respeito da confiabilidade desses dados, pois não existe nenhuma maneira de estímulo para o preenchimento correto da auditoria ou formulário, o que poderia até então validar às informações pertencentes ao SNIS (SOARES *et al.*, 2018).

Na fase de ponderação dos critérios, Claudino (2018), utilizou pesos dados por professores da área de abastecimento de água da UEPB para cada critério. Todavia, para uma melhor avaliação dos critérios empregados na classificação do SAA, seria oportuno uma análise feita também, por especialistas de outras regiões do Brasil, não ficando restrito apenas aos professores e pesquisadores, mas tendo uma abrangência de técnicos e operadores de prestadoras de serviço. No entanto, como a análise ocorre no estado da Paraíba, essa ponderação é representativa.

Na etapa de comparação nacional, a categoria que se sobressaiu entre as demais foi a econômico – financeiro e administrativo, apresentando duas sobreclassificações e nenhuma subclassificação. O pior setor foi o de qualidade, pois não apresentou nenhuma condição de sobreclassificação e exibiu duas subclassificações. O setor operacional se configurou com uma sobreclassificação e uma subclassificação, ficando assim, em segundo lugar no ranking.

É importante ressaltar que para o nível nacional alguns critérios tiveram destaques positivo na etapa de normalização, como o critério de consumo médio per capita de água (O4), tendo seu valor bem próximo de 1, o que significa que está quase atingindo o valor ideal. Outro critério que obteve bom resultado foi o índice de produtividade (E4), tendo valor 1, e significando que seu valor foi superior ao limite máximo. Toda via, esse resultado tem uma explicação, pois o município de Aguiar possui um sistema de água de pequena dimensão, sendo assim a quantidade de empregados por ligação é menor do que as de grande porte.

Em contrapartida, houve critérios com valores desfavoráveis, como por exemplo, os critérios de reclamações resolvidas (Q1), o índice de evasão de receitas (E2) e o índice de perdas na distribuição (O3). Este último, é resultado do déficit de abastecimento de água, uma vez que o município já passou por um longo período de racionamento. Outro critério com destaque negativo é o índice de atendimento total de água (O1), pois apenas a zona urbana possui abastecimento de água.

A partir desta análise sobre o SAA numa visão nacional, algumas medidas podem ser adotadas para melhorar o seu funcionamento, como estender o alcance da rede, elaborar planos que impeçam paralisações, evitar perdas na distribuição, afim de dificultar o aparecimento de problemas de desabastecimento, bem como, resolver as solicitações de reclamações sobre problemas na rede de distribuição.

Já em nível estadual, as posições no ranking foram diferentes. O setor que ocupou o primeiro lugar foi o operacional, com duas sobreclassificações e nenhuma subclassificação. O segundo lugar ficou ocupado pela categoria de qualidade, apresentando uma condição de sobreclassificação e uma de subclassificação. O terceiro lugar, e por isso, pior desempenho do

SAA, foi a categoria econômico – financeiro e administrativo, pois obteve duas subclassificações e nenhuma sobreclassificação.

Neste nível também houve critérios com bons resultados na etapa de normalização. É o caso do índice de tratamento de água (O2) e o índice de consumo médio per capita de água (O4), tendo seus valores bem próximos de 1, caracterizando nesses casos, um bom desempenho.

Os critérios que se destacaram negativamente em nível estadual, foram o índice de evasão de receitas (E2), o índice de reclamações resolvidas (Q1) e o índice de produtividade (E4). O critério E4 apresentou resultado coerente, pois foi comparado com limites que possuem SAA de grande e pequeno porte, como é o caso do município em questão. Outros critérios que também não apresentaram valor satisfatório, foram os de índice de atendimento total de água (O1) e o índice de perdas na distribuição (O3).

Assim como no nível nacional, a classificação em nível estadual também necessita de estratégias de melhorias no SAA. Fazer investimentos nessa área, atender aos chamados de reclamações na rede, são alguns dos exemplos de melhorias que podem ser aplicadas, como também, a criação de medidas que impeçam perdas e extravasamentos na distribuição de água e um atendimento que chegue até a zona rural, pois mesmo os critérios O1 e O3 apresentando valores mais altos do que em nível nacional, os mesmos ainda não atendem às condições de satisfação de um bom desempenho.

Em face do exposto, é perceptível uma discordância entre os resultados de classificação do SAA em nível nacional e estadual. Uma explicação para este acontecimento é o fato de como se deu a coleta dos limites superior e inferior da etapa de normalização dos critérios. Em nível nacional, esses limites foram coletados fazendo a média de cada município entre as regiões brasileiras, sejam eles apropriados ou não. Já no nível estadual, foi analisado qual município da Paraíba possuía maior valor e qual possuía menor em cada critério, para assim, adotar os limites máximos e mínimos.

Assim sendo, os critérios em nível nacional foram comparados em relação à média de todos os outros municípios do país, mas em nível estadual, foram avaliados nos extremos realmente, fazendo com que o resultado da classificação estadual seja o mais coerente para o SAA do município de Aguiar.

## 7. CONCLUSÃO

Por meio da utilização do método ELECTRE II, foi possível identificar qual categoria do SAA do município de Aguiar apresenta melhor desempenho, tanto em nível nacional, quanto em nível estadual, assim como, a que mais necessita de atenção do tomador de decisão.

Em nível nacional, o modelo possibilitou reconhecer o setor econômico – financeiro e administrativo como o portador de desempenho mais adequado entre os demais, pois possui maior quantidade de indicadores com melhor valor na fase de normalização dos critérios. O setor de qualidade foi classificado como aquele que mais necessita de melhorias e o operacional como um meio termo entre os dois.

Entretanto, em nível estadual, o setor que ocupa a primeira colocação no ranking de melhor desempenho é o operacional, pois nesse caso, possui mais indicadores com bons resultados na etapa de normalização. Em segundo lugar está a categoria de qualidade e por último, a econômico – financeiro e administrativo.

Essa contradição entre os resultados para o nível nacional e estadual, se explica por meio do processo de coleta dos limites máximo e mínimo, uma vez que para o nacional foi realizada a média entre os municípios das regiões geográficas. Assim sendo, para os casos em que se deseja analisar um município em específico, é preferível que se faça comparações entre os próprios municípios do estado e veja qual o maior e menor valor de cada critério, para assim adotar os limites. Já em casos que se deseja avaliar um número maior de municípios, como um estado inteiro, então, é adequado o uso comparativo entre as regiões brasileiras.

Desta forma, o nível que melhor expressa o real desempenho do SAA analisado é o nível estadual, caracterizando o setor econômico – financeiro e administrativo como o que mais necessita de melhorias e estratégias de investimento, seguido do setor de qualidade. No entanto, medidas também devem ser empregadas no setor operacional para que ele atinja às condições ideais de desempenho.

Portanto, algumas práticas para melhorar como um todo o SAA de Aguiar são necessárias, como aplicações na área de distribuição de água, ampliação da rede de abastecimento para as zonas rurais e estratégias e práticas para reduzir as perdas de água e paralisações. Outro ressaltado, é que o método pode ser utilizado em outras localidades, todavia, o mesmo necessita de um padrão absoluto para que futuramente não seja necessário dois tipos de testes, tornando seus resultados ainda mais plausíveis.

## REFERÊNCIAS

ABAR. **Regulação Saneamento Básico** Disponível em: abar.org.br. Acesso em: 12 mar. 2021.

AESA. **MONITORAMENTO ÚLTIMOS VOLUMES INFORMADOS DOS AÇUDES**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/>. Acesso em: 29 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Acervo Educacional Sobre Água**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 8 dez. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Usos da água**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/ usos-da-agua>. Acesso em: 2 fev. 2021.

ALEGRE, Helena. Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água–trabalho em curso no âmbito da IWSA. In: **Congresso da Água**. 1998. p. 1-15.

ARAÚJO, Nailsa Maria Souza. A atual política de saneamento básico no contexto da gestão das águas no Brasil: apontamentos iniciais.

BERALDO, Mariana Passos; PEREZ FILHO, Augusto Martinez; DE FREITAS RAMALHEIRO, Geralda Cristina. O PROGRAMA PIPE/FAPESP E O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO (LEI N. 14.026/2020): BREVES REFLEXÕES SOBRE POLÍTICA PÚBLICA DE INOVAÇÃO NA ÁREA DO SANEAMENTO BÁSICO. **Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Franca**, v. 15, n. 2, p. 289-309, 2020.

BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; PERTEL, Monica; MACÊDO, José Eloim Silva de. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 249-258, 2019.

BOISSEL, Jean Pierre. Planning of clinical trials. **Journal Of Internal Medicine**, França, v. 255, p. 427-438, 22 mar. 2004.

BOVOLATO, Luís Eduardo. Saneamento básico e saúde. **Escritas: Revista do Curso de História de Araguaína**, v. 2, 2010.

CAGEPA. **IBGE: Paraíba tem o 2º maior crescimento do País em abastecimento diário de água**. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/>. Acesso em: 8 abr. 2021.

CAMPOS, Vanessa Ribeiro. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CARVALHO, Bruno Eustáquio Ferreira Castro de. **A avaliação de desempenho da prestação de serviços de abastecimento de água independe da perspectiva do avaliador se usuário ou prestador?** 2013. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental e



Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CLAUDINO, Cinthia Maria de Abreu. **Análise multicritério de sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário nos municípios do Curimataú Oriental Paraibano**. 2018. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2018.

CÔRTEZ, Jussanã Miligrana. **Sistema de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. 2009. 342 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

COSTA, Adriana Guimarães. **Sistemas de abastecimento de água**. Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2015. 156 slides, color.

DE ARAUJO, Jéfferson Jesus; AMARAL, Thiago Magalhães. Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de software livre. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 11, n. 2, p. 121, 2016.

DE JESUS GUEDES, Aldeane; TEIXEIRA, Maria Cristina Santos. O Uso da Água nos Estabelecimentos de Lazer da Cidade de Itabaiana-SE.

FERNANDES, Carlos Henrique. **Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social – Um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão - “MACBETH”**. 1996. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

FERREIRA, Roberta Celestino *et al.* A ÁGUA COMO SUPORTE PARA ATIVIDADES DE LAZER E TURISMO: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA BARRAGEM PIRACURUCA NO ESTADO DO PIAUÍ (BRASIL). **RA'E GA: O espaço geográfico em análise**, Curitiba, p. 134-163, 25 2012.

FONTELLES, José; SIMÕES, Marilda Garcia; FARIAS, Samantha Hasegawa; FONTELLES, Renata Garcia Simões. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE PESQUISA. **Rev. Para. Medmauro**, Pará, p. 01-08, 01 set. 2009.

G1 PB. **Racionamento de água atingiu 78% dos municípios da Paraíba em 2017, diz IBGE**. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2020/07/22/rationamento-de-agua-atingiu-78percent-dos-municipios-da-paraiba-em-2017-diz-ibge.ghtml>. Acesso em: 23 abr. 2021.

GOFFI, Andreia dos Santos. **Uso da análise multicritério para seleção de tecnologia de tratamento de efluentes**. 2017. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Área de Concentração: Gestão dos Sistemas Produtivos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

GOVINDAN, Kannan; JEPSEN, Martin Brandt. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 1-29, 2016.

HAMDAN, Otávio Henrique Campos. **Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água em minas gerais segundo portes populacionais**. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos., Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

**HELLER, Léo. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, Léo et al. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 859.**

IBGE. **Cidades e Estados**. 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 20 fev. 2021.

KENDALL, Jason. Designing a research project: randomised controlled trials and their principles. **Emerg Med J**, Reino Unido, v. 20, p. 164-168, 02 mar. 2003.

MATOS, Rafaela; CARDOSO, Adriana; ASHLEY, Richard; DUARTE, Patrícia; MOLINARI, Alejo; SCHULZ, Andreas. **Indicadores de Desempenho para serviços de água residuais**. 2. ed. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004. 300 p.

MIRANDA, Aline Branco de; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 269-279, 2004.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Objetivo 6 - Água Potável e Saneamento**. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=6>. Acesso em: 12 abr. 2021.

OGATA, Igor Sousa. Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do rio Paraíba. Campina Grande, 2014. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, em Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

OLIVEIRA, Marlian Leão de. **Desenvolvimento de método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água: aplicação ao caso da ride e entorno**. 2016. 255 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, Sonia Valle Borges de. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004. 197 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, Maria de Lara Moutta Calado de; MELO, Elidiane Suane Dias de; MOSER, Daniela Didier Nunes; AMARO, Rodrigo Gayger. APOIO A DECISÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NA CONSTRUÇÃO NAVAL. **Xxxiii Encontro Nacional de Engenharia de Producao**, Salvador, v. 223, p. 1-15, 08 out. 2013.

OLSON, David L. Auxílios à decisão para problemas de seleção. **Jornal da Sociedade de Pesquisa Operacional**, v. 48, n. 5, pág. 541-542, 1997.

PARREIRAS, Roberta Oliveira. **Algoritmos Evolucionários e Técnicas de Tomada de Decisão em Análise Multicritério**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PNUD BRASIL. **Relatório do desenvolvimento humano (2006): além da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/>. Acesso em: 11 dez. 2020.

PORTAL CORREIO. **Paraíba já soma 52 municípios com racionamento de água, 2018**. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/serraria-entra-em-acionamento-com-isto-ja-sao-51-cidades-na-paraiba/>. Acesso em: 8 abr. 2021.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm). Acesso em: 24 out. 2020.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE. **Escritas: Revista do Curso de História de Araguaína**, v. 2, 11.

SCHNEIDER, Danieli Delello; SANTOS, Raquel dos; MARTINEZ, Ruby Criollo; COUTINHO, Sonia Maria Viggiani; MALHEIROS, Tadeu Fabrício; TEMÓTEO, Tássia Gaspar. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. **Indicadores Para Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário Voltados Às Populações Vulneráveis**. São Paulo, p. 65-76. 30 set. 2010.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. Atual, 2001.

SNIS. **Glossário de Indicadores - Água e Esgotos, 2019**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

SOARES, Raquel; SMIDERLE, Juliana Jerônimo; SOUZA, Rafael Martins de; SOUZA, Rafael Martins de; ZIDDE, Catarina. MEDINDO O SANEAMENTO: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros. **FGV CERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-37, 2018.

SOUZA, Ana Cristina Augusto de; GOMES, Joyker Peçanha. Desafios para o investimento público em saneamento no Brasil. **Saúde em Debate**, [S.L.], v. 43, n. 7, p. 36-49, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-11042019s703>.

TROJAN, Flavio; MORAIS, Danielle Costa. AVALIAÇÃO EM GRUPO PARA MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA. **III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Ubatuba, v. 3, p. 213-224, 15 ago. 2011.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 659 p.

VIANNA, Dalessandro Soares. **Auxílio multicritério à decisão**. Recife: Ufpe, 2018. 40 slides, color.

VON SPERLING, Marcos. ANÁLISE DOS PADRÕES BRASILEIROS DE QUALIDADE DE CORPOS D'ÁGUA E DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 3, p. 111-132, 01 jan. 1998.  
SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 18 fev. 2021.