



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

PÂMELLA GOMES DA SILVA FARIAS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA BRASILEIROS POR MEIO DE UMA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO E
MULTIDIMENSIONAL**

CARUARU

2023

PÂMELLA GOMES DA SILVA FARIAS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA BRASILEIROS POR MEIO DE UMA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO E
MULTIDIMENSIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.
Área de concentração: Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra.

Coorientadora: Profa. Dra. Máisa Mendonça Silva.

CARUARU

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira - CRB/4 - 2309

F224a Farias, Pâmella Gomes da Silva.
Avaliação de desempenho dos serviços de abastecimento de água
brasileiros por meio de uma metodologia multicritério e multidimensional.
/ Pâmella Gomes da Silva Farias. – 2023.
98 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Saulo de Tarso Marques Bezerra.
Coorientadora: Maisa Mendonça Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA,
Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2023.
Inclui Referências.

1. Abastecimento de água. 2. Desempenho - Indicadores. 3.
Processo decisório por critério múltiplo. 4. Eficiência. I. Bezerra, Saulo
de Tarso Marques (Orientador). II. Silva, Maisa Mendonça
(Coorientadora). III. Título.

CDD 620 (23. ed.) UFPE (CAA 2023-052)

PÂMELLA GOMES DA SILVA FARIAS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA BRASILEIROS POR MEIO DE UMA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO E
MULTIDIMENSIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.
Área de concentração: Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 18 de agosto de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Simone Machado Santos (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Natallya de Almeida Levino (Examinadora externa)
Universidade Federal de Alagoas

Aos meus pais, pela força e incentivo de
toda uma vida.

Ao meu esposo, pelo amor e apoio me
dado.

E àqueles que ainda sonham.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me sustentado até aqui, por ser tão gracioso e misericordioso comigo, por Sua infinita bondade e amor. Mais uma vez Deus me fortaleceu para conseguir concluir mais um ciclo com fé e determinação. Eu não tenho palavras suficientes para colocar aqui a minha gratidão ao Senhor.

Aos meus pais, Raimundo e Sônia, por me encorajarem e acreditarem em mim, por não medirem esforços para que eu conseguisse realizar os meus sonhos, por todo apoio e compreensão. Sem a direção e ensinamento deles, com certeza eu não conseguiria. E, as minhas irmãs, Polyana e Palloma, que são o meu conforto, o meu espelho e meu orgulho. Vocês são minha fonte de inspiração e admiração.

Ao meu marido, Michel, que há três anos divide a vida comigo e me ajuda a sempre olhar o lado positivo da vida. Ele que sempre é tão generoso comigo, paciente, compreensivo e amoroso, e que me ensina a ser perseverante em Deus. Eu o agradeço por me apoiar, principalmente, nos momentos mais difíceis da vida.

Agradeço imensamente ao meu orientador, professor Saulo, por ter acreditado e confiado em mim. E, à minha coorientadora, professora Maísa, por ter aceitado participar desse desafio conosco. Agradeço a leveza e o incentivo que me trouxeram para que eu conseguisse desenvolver esse trabalho, e por me motivarem a ser uma pesquisadora e uma boa profissional, mesmo sem perceberem. Foi maravilhoso e uma honra dividir essa experiência com vocês.

Às minhas amigas, Gisêlda e Jéssica, que estiveram e dividiram comigo as fases da graduação e que continuam me acompanhando e me incentivando até aqui. Vocês foram peças fundamentais para mim. A amizade de vocês é, com certeza, sinônimo de segurança e cuidado.

A UFPE e ao PPGE CAM, por ter me proporcionado momentos incríveis nesses últimos anos. Aos professores que contribuíram para o meu conhecimento profissional. Aos meus amigos e colegas, que se fizeram presentes em todos os momentos desse percurso. Caminhar com vocês tornou o caminho mais leve e alegre, por isso, não poderia deixar de registrar aqui a minha gratidão. E, agradeço a FACEPE pelo financiamento da pesquisa, que foi mais que um suporte financeiro.

E, por fim, mas não menos importante, a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a desenvolver e melhorar essa pesquisa, que é a concretização de mais um sonho. O meu muito obrigada!

RESUMO

O uso de sistemas de indicadores de desempenho é imprescindível para avaliar o desempenho dos sistemas de abastecimento de água. Estes permitem a quantificação das metas e objetivos da prestação de serviços e se apresentam como a melhor alternativa para o acompanhamento da eficiência destes sistemas, com aplicações diretas para gestão. Os indicadores correspondem a uma medida quantitativa capaz de simplificar uma avaliação mais complexa e subjetiva. O desenvolvimento de indicadores para caracterizar os serviços de saneamento básico e auxiliar na gestão vem ganhando grande aceitabilidade na comunidade técnica-científica. Mas, ainda apresentam dificuldades em avaliar o desempenho global dos sistemas por possuírem características e avaliações diferentes dentro da análise simultânea de um conjunto de indicadores. A maioria das pesquisas direcionadas à avaliação dos sistemas tem foco em aspectos operacionais e de projeto, com índices baseados principalmente em critérios como confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade. De forma a superar este desafio, agregar indicadores individuais por meio de análise multicritério de apoio à decisão pode ser uma solução para a construção de índices globais sintéticos. Desta forma, pretende-se com este estudo, avaliar o desempenho dos serviços de abastecimento de água brasileiros por meio de uma metodologia multicritério e multidimensional baseada no método Grey-TOPSIS. O método híbrido Grey-TOPSIS é um método de tomada de decisão multicritério, onde o TOPSIS foi escolhido para auxiliar na resolução de problemas de tomada de decisão e o Grey foi escolhido para auxiliar nos dados imprecisos e tornar o modelo mais conciso e real. Os resultados foram obtidos através de rankings de desempenho, separados em três dimensões, sendo eles, para os indicadores operacionais, econômico-financeiros e administrativos e de qualidade. O estudo ainda possibilitou a análise de robustez para duas etapas distintas, sendo uma análise para mudanças de peso e outra para a exclusão de critérios, e com isso destacou a validação da aplicação. Sendo assim, através dos resultados e da validação deles, foi possível identificar a contribuição positiva que essa metodologia consegue agregar para a gestão e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.

Palavras-chave: sistemas de abastecimento de água; indicadores de desempenho; análise multicritério de apoio à decisão; eficiência.

ABSTRACT

The use of performance indicator systems is essential to evaluate the performance of water supply systems. These allow the quantification of goals and objectives of service provision and are presented as the best alternative for monitoring the efficiency of these systems, with direct applications for management. The indicators correspond to a quantitative measure capable of simplifying a more complex and subjective evaluation. The development of indicators to characterize basic sanitation services and assist in management has been gaining wide acceptance in the technical-scientific community. However, they still have difficulties in evaluating the global performance of the systems, as they have different characteristics and evaluations within the simultaneous analysis of a set of indicators. Most research aimed at evaluating systems focuses on operational and design aspects, with indices based mainly on criteria such as reliability, resilience and vulnerability. In order to overcome this challenge, aggregating individual indicators through multicriteria decision support analysis can be a solution for the construction of synthetic global indices. Thus, the aim of this study is to evaluate the performance of Brazilian water supply services through a multicriteria and multidimensional methodology based on the Gray-TOPSIS method. The hybrid Grey-TOPSIS method is a multicriteria decision-making method, where TOPSIS was chosen to help solve decision-making problems and Gray was chosen to help with inaccurate data and make the model more concise and real. The results were obtained through performance rankings, separated into three dimensions, namely, for operational, economic-financial and administrative and quality indicators. The study also enabled the robustness analysis for two distinct stages, one for weight changes and another for the exclusion of criteria, and with that highlighted the validation of the application. Therefore, through the results and their validation, it was possible to identify the positive contribution that this methodology can add to the management of water supply systems.

Keywords: water supply systems; performance indicators; multicriteria decision support analysis; efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Divisão das etapas desenvolvidas na pesquisa	32
Figura 2 –	Índice de abastecimento total de água	33
Figura 3 –	Índices de perdas na distribuição de água potável	34
Figura 4 –	Índice de atendimento urbano com rede de água	35
Figura 5 –	Mapa do índice de perdas na distribuição de água	36
Figura 6 –	Representação do sistema cinza	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS de acordo com a abrangência	17
Tabela 2 – Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS de acordo com a natureza jurídico-administrativa	17
Tabela 3 – Principais parâmetros de qualidade da água	18
Tabela 4 – Indicadores que foram selecionados do SNIS para a análise de desempenho do abastecimento de água	38
Tabela 5 – Estudos que abordaram o método Grey-TOPSIS	50
Tabela 6 – Prestadores de serviço de abrangência regional	55
Tabela 7 – Critérios, direção e pesos para o desempenho operacional	56
Tabela 8 – Matriz de avaliação Grey (operacional)	57
Tabela 9 – Cálculo das distâncias (operacional)	58
Tabela 10 – Classificação das companhias no desempenho operacional	59
Tabela 11 – Critérios, direção e pesos para o desempenho econômico-financeiro e administrativo	60
Tabela 12 – Matriz de avaliação Grey (econômico-financeiro e administrativo)	60
Tabela 13 – Cálculo das distâncias (econômico-financeiro e administrativo)	61
Tabela 14 – Classificação das companhias no desempenho econômico-financeiro e administrativo	62
Tabela 15 – Critérios, direção e pesos para o desempenho de qualidade	63
Tabela 16 – Matriz de avaliação Grey (de qualidade)	63
Tabela 17 – Cálculo das distâncias (de qualidade)	64
Tabela 18 – Classificação das companhias no desempenho de qualidade	64
Tabela 19 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores operacionais	70
Tabela 20 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores econômico-financeiros e administrativos	71
Tabela 21 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores de qualidade	72
Tabela 22 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a	73

dimensão dos indicadores operacionais	
Tabela 23 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a dimensão dos indicadores econômico-financeiros e administrativos	74
Tabela 24 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a dimensão dos indicadores de qualidade	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Serviços de abastecimento de água	17
2.1.1	Desempenho em relação à qualidade da água	18
2.1.2	Desempenho operacional	19
2.1.3	Desempenho financeiro	20
2.2	Aspectos legais sobre saneamento	21
2.3	Indicadores para avaliação	22
2.3.1	Indicadores de desempenho	23
2.3.2	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)	24
2.4	Estado da arte	26
3	METODOLOGIA	32
3.1	Caracterização geral	32
3.1.1	Caracterização da área de estudo	32
3.1.2	Caracterização do abastecimento de água	34
3.2	Seleção dos indicadores	37
3.2.1	Indicadores operacionais de água	38
3.2.2	Indicadores econômico-financeiros e administrativos	40
3.2.3	Indicadores de qualidade	41
3.3	Coleta de dados	42
3.3.1	Levantamento dos dados	43

3.4	Análise multicritério de apoio à decisão	43
3.4.1	Método TOPSIS	44
3.4.2	Método Grey	46
3.4.3	Método Grey-TOPSIS	49
4	RESULTADOS	55
4.1	Aplicação do método Grey-TOPSIS	55
4.2	Discussão dos resultados	65
4.3	Análise de robustez dos resultados	69
5	CONCLUSÕES	77
5.1	Impactos no trabalho	77
5.2	Limitações do estudo e propostas para trabalhos futuros	78
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE A – MATRIZ CRISPY FINAL (ETAPA 2. OPERACIONAL)	87
	APÊNDICE B – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. OPERACIONAL)	88
	APÊNDICE C – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. OPERACIONAL)	89
	APÊNDICE D – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. OPERACIONAL)	90
	APÊNDICE E – MATRIZ CRISPY FINAL (ETAPA 2. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)	91
	APÊNDICE F – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)	92
	APÊNDICE G – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)	93
	APÊNDICE H – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)	94
	APÊNDICE I – MATRIZ <i>CRISPY</i> FINAL (ETAPA 2. DE QUALIDADE)	95
	APÊNDICE J – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. DE QUALIDADE)	96
	APÊNDICE K – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. DE QUALIDADE)	97
	APÊNDICE L – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. DE QUALIDADE)	98

1 INTRODUÇÃO

A falta de água ainda retrata um cenário delicado para o desenvolvimento social no Brasil, que acaba gerando um ambiente cada vez mais afetado negativamente, pois além dos fatores climáticos do país, a escassez também atinge grandes cidades, devido ao consumo irracional e o grande crescimento populacional (Menezes *et al.*, 2015). E, a falta de sistemas de abastecimento de água eficazes para o armazenamento e fornecimento aumenta ainda mais os efeitos sociais, visto que é um recurso que está quase sempre concentrado em poucas regiões (Marengo *et al.*, 2011).

Com relação aos sistemas de abastecimento de água, são considerados dois pontos fundamentais que influenciam diretamente a sustentabilidade da água no meio ambiente. O primeiro ponto está relacionado à escassez hídrica, sendo necessárias medidas administrativas mais rígidas considerando a disponibilidade hídrica da região e o segundo ponto está relacionado aos índices de perdas nos sistemas brasileiros (Medeiros, 2017).

As empresas de abastecimento de água prestam um papel fundamental para o desenvolvimento urbano sustentável, porque estas lidam com um dos recursos naturais mais críticos e necessários para sustentar uma rotina com qualidade, sem afetar e prejudicar a população. Pois, a escassez hídrica gera impactos ambientais, sociais e econômicos (Pérez *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a crescente do desenvolvimento urbano sustentável tornou-se um fator muito importante para a regularização e gestão do setor de água, visto que é preciso atender metas para suprir as necessidades de toda a população. Embora exista um conhecimento dessa necessidade de melhoria dos sistemas de água urbanos, também é necessário atingir qualidade desses serviços com uma gestão eficaz (Molinos-Senante *et al.*, 2016).

Para obter um desempenho sustentável, com fins regulatórios, o primeiro passo é avaliar o desempenho existente desses componentes. Sendo assim, o *benchmarking* é essencial para controlar e fiscalizar a qualidade do serviço prestado juntamente com medidas de gestão, e obter tomadas de decisões racionais para o gerenciamento eficaz dos serviços públicos (Haider; Sadiq; Tesfamariam, 2016). O *benchmarking* geralmente é baseado em indicadores de desempenho que permitem o desenvolvimento da análise por comparação, fazendo com que as concessionárias

de água com baixo desempenho sejam incentivadas a melhorar a qualidade do serviço prestado (Molinos-Senante *et al.*, 2016).

Devido a vários fatores, o fornecimento de água vem sofrendo transformações e consequências quanto a sua qualidade e disponibilidade (Batista, 2014). Dessa forma, ao monitorar o saneamento básico nos municípios, facilita-se o ato de organizar e planejar ações específicas, estabelecer regras de desempenho e sistemas de gestão de qualidade, além de orientar políticas públicas, visando à segurança e a qualidade da água para a população (Nirazawa; Oliveira, 2018). No Brasil e no mundo, esse desenvolvimento de índices que caracterizam os serviços essenciais de saneamento básico e auxiliam na gestão têm ganhado ampla aceitação principalmente na área ambiental. (Medeiros, 2017).

Os indicadores de desempenho são utilizados como uma ferramenta muito importante para a avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, por se tratar de uma medida quantitativa do nível de serviço prestado. Sendo capaz de simplificar uma avaliação que de outro modo seria bem mais complexa, além de que seu uso vem se tornando uma prática cada vez mais crescente no Brasil e no mundo (Mundim; Volschan Junior, 2020).

Desta maneira, com base na ideia de analisar o desempenho, para auxiliar na gestão e avaliar a qualidade, dos serviços disponibilizados pelas companhias de abastecimento de água através dos indicadores, seria possível averiguar o desempenho desses serviços de maneira geral?

1.1 Justificativa

Atualmente, surge a necessidade de melhor gerenciar o desempenho das empresas. Nesse contexto, a pesquisa desenvolve uma avaliação de desempenho sobre a relevância dos indicadores de desempenho de caráter operacional, econômico-financeiro e administrativo e de qualidade para as concessionárias de água. Visando simplificar a análise e a compreensão de conceitos e dados mais complexos e de difícil entendimento para uma melhor visualização, e que consiga ser aplicada no dia a dia das empresas.

Devido a essas circunstâncias, novas técnicas de melhoramento são desenvolvidas ao longo do tempo. Com isso, a pesquisa visa envolver de maneira compreensível os aspectos práticos (através dos resultados obtidos) e teóricos

(através das revisões bibliográficas e das literaturas) dos indicadores de desempenho, e através disso se mostra muito relevante com relação aos objetivos que servem como guia para a pesquisa.

Toda pesquisa científica encontra suporte na pesquisa bibliográfica, sendo baseada em estudos constituídos ao longo do tempo sobre o tema e servirá como base para validar os estudos práticos.

Portanto, buscou-se informar e abordar o melhor método para avaliar o desempenho dos serviços de abastecimento de água através dos indicadores de desempenho que serão utilizados para alcançar os resultados. E, os resultados que forem obtidos conseguem avaliar as diversas possibilidades de fazer com que as concessionárias que apresentem um baixo nível de desempenho sejam incentivadas a melhorar a qualidade do seu serviço, reforçando os mecanismos de monitoramento e previsão como suporte para a tomada de decisões de maneira regular.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma metodologia multicritério e multidimensional para avaliar a qualidade dos serviços de sistemas de abastecimento de água.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os indicadores operacionais, econômico-financeiros e de qualidade para a avaliação de prestadores de serviços de abastecimento de água;
- b) Desenvolver uma abordagem multicritério e multidimensional para avaliação dos prestadores de serviço de abastecimento de água; e
- c) Propor direcionamentos, com base nos resultados obtidos, que visem o aperfeiçoamento do serviço de abastecimento de água oferecido à população.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tendo em vista todo embate sobre privatizações e concessões dos serviços de abastecimento de água que foi marcado nas últimas décadas, foram estabelecidas, no início do século XXI, novas diretrizes para o saneamento básico no país. Como consequência disso, foi aprovada a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, sendo considerado um marco regulatório desse setor (Hamdan, 2016). Atualmente, com a atualização do Marco Legal do Saneamento Básico, as iniciativas para melhoria nesse setor tornaram-se mais efetivas. E assim, foi possível à criação de metas e ações para viabilizar a universalização dos serviços para o país até o ano de 2033, garantindo 99% da população servida com água potável e 90% da população com coleta e tratamento de esgoto, de acordo com o Art. 11-B da Lei nº 14.026/2020 (Brasil, 2020).

No entanto, a adequada gestão e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água inclui, entre suas diversas atividades, o planejamento estratégico com enfoque ambiental, as políticas de fiscalização e a avaliação de desempenho dos serviços. Incluindo, também, o acompanhamento do avanço das estruturas legais para o setor, visando combater e controlar questões fundamentais em situações que, por exemplo, há falta de água e conflitos pelo seu uso. Então, para alcançar a qualidade da administração desses serviços se requer, antes de tudo, um profundo conhecimento sobre o assunto. Identificar e quantificar, corretamente, esse setor é uma ferramenta crítica e indispensável para a implementação de operações de combate. Nesse caso, as inovações tecnológicas facilitam a identificação e possibilitam medições cada vez mais precisas, inclusive reduzindo custos com equipamentos e ampliando o acesso para uma quantidade maior de operadores (Miranda, 2002).

Diante disto, os gestores devem avaliar a eficiência e eficácia de seus sistemas, gerenciar seus ativos e perscrutar antes de adotar soluções que abordem a ampliação da infraestrutura de transporte e de tratamento de água. Pois, promover melhorias de desempenho é fundamental para garantir a sustentabilidade e a disponibilidade de água em longo prazo, visto que, os problemas atuais necessitam de uma visão mais humana e ecológica para encontrar a relação entre a infraestrutura e o ambiente criado (Bezerra; Pertel; Macêdo, 2019).

2.1 Serviços de abastecimento de água

A água é um fator fundamental para a existência da vida, como também para o desenvolvimento de atividades econômico-sociais. Diante disso, surge a necessidade de um sistema de abastecimento de água eficaz e com infraestrutura adequada para suprir as necessidades da população (Medeiros, 2017).

Os serviços de abastecimento de água são diversificados quanto ao órgão prestador de serviço, sendo prestados por meio da iniciativa pública e privada. Segundo o Diagnóstico Temático do SNIS (2022), ano base 2021, a grande maioria entre os prestadores de serviços são locais e a maioria entre os prestadores de serviços de acordo com a natureza jurídico-administrativa são prestadores de administração pública direta, conforme pode ser observado na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente. Os prestadores regionais, que atendem a grandes grupos de municípios, limítrofes ou não, atuam em 76,0% dos municípios (4.046) e atendem a 76,0% da população urbana abrangida pelo SNIS-AE 2021.

Tabela 1 – Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS de acordo com a abrangência.

Abrangência	Natureza jurídico-administrativa	%
Local	1.303	97,1%
Regional	28	2,1%
Microrregional	11	0,8%
Brasil	1.342	100

Fonte: SNIS (2022).

Tabela 2 – Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS de acordo com a natureza jurídico-administrativa.

Administração direta	Natureza jurídico-administrativa					Total
	Autarquia	Sociedades de economia mista	Empresa pública	Empresa privada	Organização social	
718	463	30	6	121	4	1.342

Fonte: SNIS (2022).

O abastecimento de água potável é constituído por atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável. Sendo assim, a fim de avaliar o desempenho das prestadoras de serviço, faz-se necessário

desenvolver métodos que considerem a qualidade da água distribuída, o desempenho operacional e financeiro do prestador de serviço. Isso serve para que o serviço de abastecimento apresente desempenho satisfatório na qualidade, na quantidade necessária e com capital suficiente para manutenção do serviço, além de serem ferramentas relevantes para o acompanhamento e tomada de decisão pelas prestadoras desses serviços.

2.1.1 Desempenho em relação à qualidade da água

Sobre a qualidade da água, a prestação desse setor de serviço tem por objetivo atribuir a potabilidade da água de modo que esteja adequada ao consumo humano em consonância com o padrão de potabilidade vigente, estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011. Essa portaria “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”, estabelecendo procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade. Sendo assim, a potabilidade da água passa a ser algo essencial para o consumo humano devido às inúmeras doenças, as quais podem causar danos à saúde, e, com isso, a baixa qualidade da água continua sendo um dos maiores riscos à saúde pública no país (Brasil, 2011).

A Tabela 3 apresenta os principais parâmetros legislados e seus respectivos limites aceitáveis para atingir a qualidade da água.

Tabela 3 – Principais parâmetros de qualidade da água.

Parâmetro	Físico-químicos					Microbiológicos	
	Cloro residual livre	Cor aparente	Fluoreto	pH	Turbidez	Coliformes totais	<i>Escherichia. coli</i>
Unidade	mg/L	uH	mg/L	-	uT	-	-
Valores permitidos	0,2 a 5,0	≤ 15	≤ 1,5	-	≤ 5,0	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Valores recomendados	≤ 2,0	-	-	6,0 a 9,5	-	-	-

Fonte: Brasil (2011).

O Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, em 1970, e utilizado primeiramente no Brasil pela Companhia

Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é o principal indicador para avaliar a qualidade da água dos corpos hídricos a partir de um único índice. Desse modo, o IQA foi composto por um conjunto de parâmetros físicos e químicos, permitindo que as companhias de saneamento e os órgãos de gestão das águas avaliem e monitorem de maneira ampla as águas superficiais por meio desse indicador (Hamdan; Libânio; Costa, 2019).

2.1.2 Desempenho operacional

O consumo médio per capita de água no Brasil, representado pelo indicador operacional do SNIS IN022, é de 150,7 L/hab.dia, valor acima da média recomendada pela Organização Mundial da Saúde de 110 L/hab.dia para atender as necessidades básicas de uma pessoa. Mas, de certa forma, os prestadores de serviço devem produzir um volume maior do que o consumido tendo em vista vários fatores envolvidos. Como por exemplo, o índice de perdas durante a distribuição de água (IN049), que se estimam em 40,3% durante a distribuição nos sistemas de água dos municípios. No Brasil, entre as macrorregiões, apenas a região Sudeste registra consumo acima da média nacional cujo índice chega a 171,0 L/hab.dia, e o menor índice é no Nordeste, com 117,2 L/hab.dia (SNIS, 2022).

A prestação desses serviços pode ser verificada pela eficiência ou eficácia do sistema. De acordo com sua eficácia, os principais parâmetros são o volume de água produzido por habitante e o cumprimento aos requisitos de qualidade, ou seja, refere-se à produção de água na quantidade e qualidade necessária. Conforme a eficiência, a pressão é um dos parâmetros fundamentais para avaliação, como também para a segurança da operação do sistema, pois, a pressão da rede está diretamente ligada às perdas no sistema, havendo assim uma relação intrínseca entre a variação da pressão no sistema de distribuição e as taxas de vazamento. Com isso, as perdas de água podem mensurar o quão sustentável é a prestação do serviço de abastecimento de água, tendo em vista que tais parâmetros avaliam se o objetivo de fornecer água ao consumidor foi realizado com eficácia e eficiência. Além da pressão na rede de distribuição, o consumo energético é outro parâmetro relacionado à eficiência dos sistemas de abastecimento de água, que é possível analisar e otimizar por meio de intervenções no sistema, como por exemplo, pelo acionamento de bombas e manobras em válvulas. De maneira geral, o desempenho

operacional pode ser avaliado nos diversos componentes do sistema de abastecimento, seja na captação, nas elevatórias ou na estação de tratamento, e o consumo energético é também um fator importante a ser avaliado (Hamdan, 2016).

2.1.3 Desempenho financeiro

Essa avaliação é baseada na informação contábilística proveniente de demonstrações financeiras. Esse conjunto de demonstrações é uma fonte privilegiada de informação, e permite ainda o cálculo de diversos indicadores que tornam possível a obtenção de uma imagem mais precisa sobre o desempenho financeiro das organizações (Teixeira; Amaro, 2013).

Independentemente do porte dos municípios é necessário ter uma descrição mínima de pessoal e produção para que o sistema opere em condições adequadas. No entanto, na medida em que o porte do sistema aumenta, as despesas adicionais aumentam em uma proporção menor que o aumento das outras despesas. Na realidade, a arrecadação corresponde ao valor faturado pela prestadora, que está relacionado aos índices de suficiência de caixa e de evasão de receitas; e a receita está relacionado ao consumo médio *per capita*, que corresponde ao potencial de faturamento de acordo com o volume faturado, considerando a inadimplência dos consumidores (Hamdan; Libânio; Costa, 2019).

O desempenho financeiro pode ser avaliado com base nos custos, despesas e receita da companhia avaliada, onde, os principais custos associados são de operação, manutenção, mão de obra, matéria prima e energia. Mas, a redução dos custos de energia é um grande desafio para as companhias de abastecimento de água, tendo em vista o alto consumo energético para bombeamento, elevação e tratamento da água para consumo. Assim, para avaliar o desempenho financeiro de uma prestadora de serviços de abastecimento de água, os custos tornam-se alvos da análise tendo em vista que sofrem impacto direto das ações voltadas à otimização do processo, operação e manutenção (Hamdan, 2016).

No Brasil, no ano de 2021, as receitas operacionais totais (água e esgoto) chegaram a R\$ 78,3 bilhões e as despesas totais, a R\$ 71,2 bilhões. As receitas são obtidas de duas formas, sendo elas: direta, por meio da cobrança de tarifas da atividade-fim; e indireta, com a realização de serviços não tarifados. Do total, R\$ 49,1 bilhões, que equivale a 62,7%, são referentes a receitas diretas da cobrança de

tarifas de água. Em relação às despesas, a maior parcela é a de despesas de exploração que alcançam R\$ 52,2 bilhões, ou 73,2% do total. Deste montante, R\$ 38,2 bilhões, ou seja, 73,2% correspondem ao custeio de pessoal próprio, de serviços de terceiros e de consumo de energia elétrica. O índice de suficiência de caixa na prestação de serviços é de 115,3%. Por abrangência dos serviços, a suficiência de caixa varia de 59,5%, na prestação microrregional, a 120,6% na regional. A arrecadação efetiva dos prestadores é de R\$ 73,4 bilhões ou 93,7% das receitas operacionais. A diferença em relação ao total deve-se à evasão de receitas que chega a R\$ 4,9 bilhões (6,3%) e trata-se de recursos não recebidos pelos prestadores por falta de pagamento de consumidores (SNIS, 2022).

2.2 Aspectos legais sobre saneamento

Com o intuito de proporcionar melhorias para os serviços de saneamento, acerca dos serviços de abastecimento e fornecimento de água a população, diversas ferramentas legais podem ser utilizadas como parâmetro. Ainda pode-se destacar que, em sua maioria, as legislações tratam de aspectos mais amplos, além do saneamento, abordando assuntos relacionados ao meio ambiente. A seguir, apresentam-se as principais legislações das questões do saneamento básico.

Leis federais:

Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico.

Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020: atualiza o marco legal do saneamento básico e altera: Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento; Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos; Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal; Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País; Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final

ambientalmente adequada dos rejeitos; Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões; Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade de financiar serviços técnicos especializados.

Resoluções:

Resolução CONAMA nº 357, 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.

Resolução CONAMA nº 397 de 7 de abril de 2008: altera o inciso I do § 4º e a tabela do § 5º, ambos do artigo 34 da Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011: dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Decreto:

Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005: estabelece definições e procedimentos sobre a qualidade da água e mecanismo para a divulgação de informação ao consumidor.

Portaria:

Portaria nº 490, de 22 de março de 2021: estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020.

2.3 Indicadores para avaliação

O interesse pelos indicadores de desempenho como instrumentos de apoio à gestão de sistemas de abastecimento de água tem crescido bastante, além de que, podem ser utilizados em diversos setores e áreas do conhecimento, desde o setor

primário até a prestação de serviços, para diversos objetivos, podendo possibilitar o planejamento estratégico de uma companhia. No geral, os indicadores são provedores de informações-chaves, nos quais são primordiais para a definição de eficiência e efetividade nas atividades, além de ter uma alta potencialidade para a gestão e avaliação de desempenho por comparação quantitativa (Hamdan, 2016).

2.3.1 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho são ferramentas de medição fundamentais para a avaliação dos sistemas de abastecimento de água, sendo definidos como indicadores quantitativos ou qualitativos que correspondem a situação e o progresso de uma empresa, unidade ou indivíduo (Ismaeel; Zayed, 2018).

Os indicadores de desempenho são amplamente utilizados como ferramenta de avaliação dos serviços de saneamento básico e o seu uso vem se tornando uma prática cada vez mais comum. Visto que, os indicadores têm como objetivo a prestação, regulação e o planejamento dos serviços, além de terem a finalidade de informar, avaliar e definir critérios, em diferentes âmbitos de atuação (global, nacional e regional) e por diferentes utentes (economistas, técnicos ou o público em geral) (Von Sperling; Von Sperling, 2013).

Um índice de desempenho é capaz de representar exatamente a realidade de determinado estudo de caso, podendo ser útil para identificar áreas que requeiram melhorias. No entanto, para o desenvolvimento de um índice, é necessária a acumulação de vários dados, podendo ser mensurados a partir de indicadores que levam em consideração aspectos operacionais, estruturais, econômico-financeiros, sociais e ambientais (Medeiros *et al.*, 2020).

O objetivo final do sistema de indicadores é fornecer informações. Essas informações podem ser definidas como um conjunto de dados que são usados com o propósito de tomar decisões, levando em consideração qualidade dos dados, fatores explicativos e contexto (Alegre *et al.*, 2017). A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo mais desenvolvido para a produção do serviço e a eficácia mede o alcance dos objetivos de gestão (definidos de forma específica e sistemática) (Alegre *et al.*, 2005). Cada indicador expressa o nível do desempenho atingido, tornando direta a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando a situação que de outra forma seria mais complexa.

Nesse cenário, o uso de sistemas de indicadores é imprescindível para avaliar os sistemas de abastecimento de água, pois permitem a identificação de problemas e a consequente promoção das medidas corretivas. E, sendo capazes de possibilitar uma visão abrangente, de forma a se obter avaliações consistentes sobre o desempenho dos diversos serviços (Bezerra; Pertel; Macêdo, 2019).

Por conseguinte, os indicadores de desempenho vêm sendo utilizados amplamente em âmbito internacional, podendo-se destacar a *International Water Association* (IWA), a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal (ERSAR/IRAR), a *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas* (ADERASA), o *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET), o *Six-Cities Group* da Escandinávia, a *Water Services Association of Australia* (WSAA), a *American Water Works Association* (AWWA) e a *Office of Water Services* (OFWAT), que já desenvolveram na última década conjuntos de indicadores específicos, com diferentes objetivos e prioridades. E, nacionalmente, existem três principais provedores de informações relativas ao saneamento, sendo eles o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Porém, o SNIS é o sistema com mais informações e com o maior índice de indicadores aptos para serem utilizados de maneira clara e simples, os quais são divididos em quatro componentes (econômico-financeiro e administrativo, operacional, balanço e qualidade).

Apesar da concordância sobre a importância e relevância dos indicadores nesse setor, sua utilização para regulação e fiscalização dos serviços de abastecimento de água ainda apresenta um vasto campo a ser explorado.

2.3.2 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

O SNIS é a base nacional de informações sobre o setor de saneamento, e é mantida pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. Atualmente, são 84 indicadores divididos em quatro categorias: 32 indicadores econômico-financeiros e administrativos, 30 indicadores operacionais (água (22) e esgoto (8)), 9 indicadores de balanço e 13 indicadores de qualidade.

O SNIS é um sistema que reúne informações para a sociedade brasileira, incluindo poderes público e privado, pesquisadores e prestadores de serviços, a

respeito de diversas variáveis e indicadores que quantificam e qualificam os serviços de saneamento, proveniente dos prestadores que operam no Brasil.

O sistema também busca auxiliar no planejamento e execução de políticas públicas, na orientação da aplicação de recursos públicos (federais, estaduais e municipais), na avaliação de desempenho dos serviços, no aperfeiçoamento da gestão (elevando os níveis de eficiência e eficácia), na orientação de atividades regulatórias e de fiscalização e no exercício do controle social (SNS, 2022) que é um dos princípios fundamentais descrito na Lei 11.445/2007. A Lei estabelece a prestação de serviços públicos para o saneamento básico, incluindo a universalização do acesso e efetiva prestação do serviço, a integralidade, a disponibilidade, a eficiência e a sustentabilidade econômica (Brasil, 2007).

O SNIS foi criado em 1994 pelo Governo Federal, mais especificamente pela Secretaria de Política Urbana, do Ministério do Planejamento e Orçamento (SEPURB/MPO), por meio do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS). Tendo como primeiro estudo a coleta de informações das empresas estaduais e municipais dos prestadores de serviços de água e esgoto. E em 2002, os serviços relacionados aos resíduos sólidos urbanos passaram a ser contemplados pelo sistema. Assim como também, em 2015, foi criado o módulo dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas em todos os municípios brasileiros. Atualmente, o SNIS está vinculado ao Ministério das Cidades, dentro do Ministério, à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNIS, 2022).

As informações presentes no SNIS são obtidas através dos dados coletados junto aos prestadores de serviço de saneamento básico, onde são consolidadas informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras, contábeis e da qualidade da prestação de serviços de saneamento básico. Essas informações e os indicadores são agrupados em três módulos (água e esgoto, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas) e esses módulos são padronizados pelos Glossários de Informações e de Indicadores SNIS, através de nomenclaturas, terminologias, definições, unidades de medida e equações de cálculo. Com isso, os principais objetivos do sistema são baseados no planejamento e execução de políticas públicas; orientação da aplicação de recursos, de atividades regulatórias e de fiscalização; conhecimento e avaliação do setor de saneamento e de desempenho; aperfeiçoamento da gestão; e exercício do controle social (SNIS, 2022).

Desde a sua criação, o SNIS tem avançado consideravelmente em seu índice de informações e indicadores de desempenho, assim como no número de municípios aderentes ao estudo. Em 1996, o estudo considerou apenas 259 municípios em todo o Brasil. Em 2015, o estudo conseguiu abranger 5.088 municípios brasileiros. E em 2021, 5.335 municípios foram abrangidos pelo SNIS. Atualmente, todo o processo é feito por meio de plataformas digitais (SNIS Web e SNIS-AP), de modo a facilitar a participação do maior número possível de municípios e prestadores de serviços no sistema (SNIS, 2022).

2.4 Estado da arte

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos, mais especificamente na literatura internacional, como referência sobre o desenvolvimento e aplicação de indicadores de desempenho e índices com o objetivo de avaliar o desempenho de alguns dos serviços constituintes do saneamento básico, principalmente no que diz respeito ao abastecimento de água.

Diversos estudos analisaram indicadores voltados à avaliação da resiliência dos sistemas, como por exemplo: Ayala-Cabrera *et al.* (2018) estudaram, através de indicadores-chave de desempenho de resiliência, a resiliência da rede de distribuição de água para conseguir quantificar e avaliar o comportamento dessas redes durante os eventos disruptivos e entender como o sistema pode melhor absorvê-los. E os resultados foram promissores para fornecer aos gestores de água uma grande profundidade de informações e apoiar uma melhor preparação para as redes de distribuição de água. E Zhan *et al.* (2020) investigaram 4 indicadores relacionados à resiliência com base na otimização dos projetos de reabilitação de 3 sistemas de distribuição de água. Utilizaram o índice de Todini, que é um indicador de desempenho substituto e indireto, e mais três indicadores de desempenho diretos - duração da falha, magnitude da falha e um índice baseado na gravidade índice de resiliência. Os resultados mostraram que existem fortes correlações entre os 4 indicadores relacionados à resiliência, indicando que a otimização usando qualquer indicador provavelmente melhorará a resiliência do sistema medido por outros indicadores.

Muitos estudos analisaram indicadores voltados às redes de abastecimento de água, como por exemplo: Sueyeun *et al.* (2018) que avaliaram o desempenho de

abastecimento hidráulico de redes de tubulação em várias situações, incluindo situações anormais, propondo dois indicadores de desempenho de abastecimento de água: o indicador de faixa de abastecimento de água possível de demanda individual e o indicador de abastecimento de água possível para todo o sistema. Sendo assim, foi possível avaliar o desempenho de abastecimento de toda a rede de tubulação considerando a demanda, avaliar o grau de desempenho de abastecimento de cada nó por meio do índice de critério de faixa de abastecimento e diagnosticar o desempenho do abastecimento e compreender a situação, para que se confirme a necessidade de medidas de melhoria ou redução da rede, que contribuirá para a tomada de decisão.

Gomes *et al.* (2020) apresentaram um indicador de desempenho denominado Indicador de Capacidade de Carga. Esse indicador permite que os gerentes de serviços públicos avaliem a eficiência hidráulica e energética das redes de distribuição de água. Os resultados da simulação demonstraram que o indicador proposto pode ser aplicado com sucesso a uma classe mais ampla de redes de distribuição de água. Já Zaman *et al.* (2021) destacaram nesse estudo diferentes aspectos de energia e sua avaliação em relação ao desenvolvimento de análise de energia baseada em revisão detalhada para redes de distribuição de água, categorizando-a em três temas principais: consumo de energia, eficiência energética e análise de melhoria de energia. Os indicadores de desempenho energético foram analisados coletivamente para verificar sua aplicabilidade na avaliação de energia. Essa análise baseada em revisão e a estrutura desenvolvida catalisam o gerenciamento de energia orientado a objetos em redes, garantindo uma operação sustentável e econômica, orientando a implementação de políticas e pesquisas futuras neste campo.

Ciraane *et al.* (2022) realizaram um estudo de avaliação da rede de abastecimento de água do município de Goma, utilizando três indicadores de desempenho, propondo possíveis soluções para os desafios de abastecimento de água existentes. A metodologia envolveu a avaliação da produção de água, das características físicas e hidráulicas da rede de abastecimento de água atual. E os resultados mostraram um baixo desempenho do sistema de abastecimento de água atual, principalmente relacionado à demanda de água que ultrapassou a capacidade de abastecimento de água e vários problemas de projeto. Com isso, a metodologia utilizada pode ser utilizada para resolver crises urbanas de abastecimento de água.

Hamed (2022) desenvolveu um indicador de desempenho para avaliar os principais elementos dos sistemas de abastecimento de água do Cairo, Egito: captação de água, estações de tratamento de água e rede de distribuição de água, aplicando o método MAUT (*multi-attribute utility theory*), teoria da utilidade multiatributo, para obter medidas quantitativas e qualitativas de avaliação de desempenho, que possuem a possibilidade de examinar a importância e atratividade de indicadores de sistemas separados, desenvolver um índice de atributo único e determinar o índice integrado geral para combinações de níveis de componentes envolvidos. Os resultados desse estudo apresentaram pontos úteis para os sistemas de abastecimento de água, ajudaram na classificação dos elementos críticos dos sistemas e desenvolveram planos futuros necessários. E, também, o indicador de desempenho estudado pode ser usado por operadores para rastreamento de elementos críticos de sistemas de abastecimento de água para ajudá-los a ajustar o processo geral de abastecimento de água.

Vários estudos analisaram indicadores voltados à avaliação da eficiência dos sistemas, por exemplo: Snider e Fillion (2018) estudaram o indicador de desempenho de eficiência energética para sistemas de distribuição de água. Este indicador de desempenho estima a energia mecânica mínima necessária em um sistema de distribuição, avaliando as inevitáveis perdas de energia devido ao atrito, vazamento e demanda do consumidor. O indicador de desempenho fornece um método simplificado para calcular a eficiência energética de um sistema de distribuição de água sem a aplicação de um modelo de simulação hidráulica. Os resultados apresentaram uma boa aproximação do indicador geral de eficiência energética calculado para o sistema de distribuição de água. Serov (2020) descreveu a estrutura do processo de abastecimento de água através de um sistema abrangente de indicadores de eficiência e produtividade do abastecimento de água, mostrou ser aconselhável a utilização de um sistema de indicadores de eficiência e produtividade, para avaliar o desempenho da empresa e confirmou ser possível analisar qualitativamente o equilíbrio e proporcionalidade, qualidade, suficiência e segurança de recursos, nível de fabricação do processo de abastecimento de água, bem como o grau de satisfação do cliente por meio dos indicadores de eficiência e produtividade.

Outros estudos analisaram os indicadores voltados à gestão desses sistemas, como por exemplo: Pham (2019) desenvolveu um sistema chave de avaliação de

desempenho e referências correspondentes para gestão e operação de sistemas de abastecimento de água de pequeno porte, em países em desenvolvimento, mais especificamente na cidade de Dong Van, Vietnã. Além disso, também propôs métodos adequados para coletar dados em condições restritas. O resultado mostrou que os indicadores apresentaram uma desigualdade de distribuição comprovando uma figura de contraste entre as diferentes zonas dos sistemas de abastecimento.

Habi, Fecih e Harrouz (2019) discutem sobre como os indicadores apresentam um papel importante enquanto ferramenta adequada para assegurar a função de regulação dos serviços de água na Argélia. Os resultados obtidos podem ser generalizados e permitem apreender o conteúdo do serviço, otimizando a gestão, assegurando a monitorização e controle, induzindo a melhoria do desempenho e comunicação entre os intervenientes no conteúdo de uma organização bem definida. Lushaba (2021) utilizou uma compreensão empírica do *benchmarking* e da aplicação de 14 indicadores de desempenho regulados para atingir parâmetros para melhorar a qualidade do serviço em 24 empresas de água, ao longo de um período de avaliação de 6 anos. Sendo assim, os indicadores de desempenho apresentaram um status mensurável e uma ótima evolução para todas as empresas e o *benchmarking* conseguiu identificar as melhores práticas e um ponto de referência para explorar as características, sistemas e tecnologias usadas para promover a produtividade da operação e melhoria da gestão.

Baghersad, Wilkinson e Khatibi (2021) estabeleceram um banco abrangente de indicadores para auxiliar as empresas de água e os tomadores de decisão na seleção de indicadores apropriados para seu sistema específico de gestão e apresentaram instruções sobre como o banco de indicadores pode ser usado e integrado aos empreendimentos hídricos, permitindo que os tomadores de decisão escolham os indicadores relevantes. Bandari e Sadhukhan (2022) estudaram a relevância dos SLBs (*Service Level Benchmark*), que são os indicadores de referência de nível de serviço, e outros indicadores internacionais de concessionárias de abastecimento de água e fizeram uma comparação entre eles em cidades indianas. Esse estudo explora as alterações necessárias nos indicadores de desempenho para uma gestão eficiente e medição abrangente do abastecimento de água em áreas urbanas na Índia.

E o mais, há estudos que analisaram os indicadores para desempenhos distintos dos sistemas, por exemplo: Hamdan, Libânio e Costa (2019) avaliaram, por

meio de regressão linear múltipla, 56 indicadores que melhor exprimem a realidade dos sistemas de abastecimento de água de 182 municípios de pequeno porte, do estado de Minas Gerais, com base nos desempenhos financeiro, operacional e de qualidade da água como variáveis de resposta. Jun *et al.* (2020) desenvolveram um indicador de desempenho para avaliar o desempenho hidráulico de sistemas de distribuição de água, em termos de usabilidade e satisfação do consumidor. O indicador de desempenho de abastecimento de água proposto foi aplicado a 6 cenários de abastecimento de água suspenso de um sistema de distribuição de água real com e sem a operação interconectada de emergência para avaliar a eficácia desta. Os resultados contribuíram para o processo de tomada de decisão dos formuladores de políticas, estabelecendo medidas para reduzir danos e quantificando o efeito de redução de danos. Hamdan, Libânio e Costa (21) apresentaram os mesmos indicadores (financeiros, operacionais e de qualidade da água para sistemas de abastecimento de água) e o mesmo método avaliativo (regressão linear múltipla) para 363 municípios, nesse caso, com diferentes populações e 56 preditores, também no estado de Minas Gerais. Nesse estudo observaram que os sistemas de abastecimento de água possuem variáveis distintas para descrever seu desempenho financeiro e operacional, de acordo com seus portes. Os municípios de pequeno porte têm forte relação com o desempenho financeiro e as despesas. No desempenho operacional, observamos que os municípios de maior porte apresentam maior relação entre seu desempenho e as perdas hídricas. Esses modelos são ferramentas potenciais no processo de tomada de decisão, que podem ser utilizadas para promover melhorias nos sistemas de abastecimento de água.

Kawase *et al.* (2021) desenvolveram o WPI (*Work Performance Indicator*), indicador de desempenho de trabalho, para medir quantitativamente o desempenho das concessionárias de abastecimento de água no Japão, e aplicaram técnicas de análise de dados estatísticos (como análise de cluster e análise de componentes principais) para calcular os WPIs e investigaram as características e tendências históricas e regionais das concessionárias de abastecimento de água. E, Mergoni, D'Inverno e Carosi (2022) realizaram uma comparação para o desempenho ambiental das empresas portuguesas que atuam nos setores de abastecimento de água, águas residuais e resíduos sólidos através do modelo tradicional de BoD (*Benefit of the Doubt index*), benefício do índice de dúvida. A análise foi feita por

meio de duas versões, otimista (através de uma distância direcional tradicional) e pessimista (por meio de uma abordagem robusta e convencional). Os resultados mostraram que há espaço para melhorias no equilíbrio de pressão, para unidades de pequeno e grande porte, operando em áreas urbanas.

Por fim, conclui-se que a maioria dos trabalhos apresentados avalia o desempenho dos sistemas de abastecimento de água e não das empresas.

3 METODOLOGIA

O presente estudo buscou avaliar os serviços prestados, em todo o país, através das companhias regionais, no âmbito do abastecimento de água, juntamente com os indicadores de desempenho.

A partir dos objetivos propostos, quatro etapas metodológicas foram previstas: caracterização geral, seleção dos indicadores, coleta dos dados e desenvolvimento do método. A Figura 1 apresenta o diagrama estruturado das etapas metodológicas desenvolvidas.

Figura 1 – Divisão das etapas desenvolvidas na pesquisa.



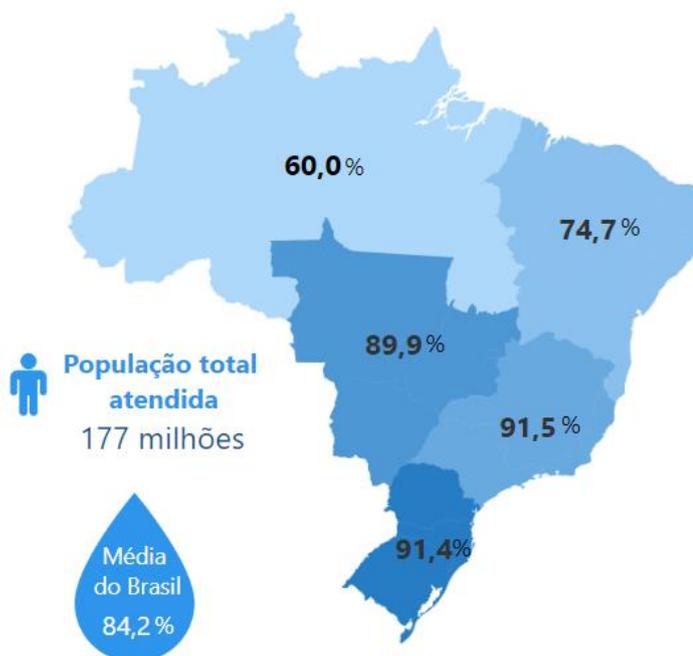
3.1 Caracterização geral

3.1.1 Caracterização da área de estudo

A problemática da eficiência será estudada em todo o território brasileiro, que é o quinto maior país do mundo em extensão territorial e ocupa grande parte do sul do continente americano, o que o faz ser considerado como um país de dimensões continentais, com uma área equivalente a 8.510.417,771 km². O Brasil ainda é considerado um país populoso, com uma população estimada em 213.317.639 pessoas e densidade demográfica de 25 hab/km². Seu território está dividido em 27 Unidades da Federação, sendo 26 estados e o Distrito Federal, compondo ao todo 5570 municípios, incluindo o distrito insular de Fernando de Noronha (IBGE, 2022).

No Brasil, 84,2% da população urbana e rural é efetivamente atendida pela rede de abastecimento de água, o equivalente a aproximadamente 180 milhões de habitantes (SNIS, 2022). A Figura 2 mostra a porcentagem do índice de atendimento total de água para cada região do país.

Figura 2 – Índice de abastecimento total de água.



Fonte: Painel do setor saneamento (2021).

Estima-se que 40,3% da água a ser distribuída no país é desperdiçada antes de chegar ao consumidor final, seja pelo volume total de água disponibilizado que não foi contabilizado (perdas aparentes) ou perdido na distribuição (perdas reais) (SNIS, 2022). E, além do desperdício de água, em que quase metade do total de municípios no país sofre com a falta de água, o brasileiro consome água acima do padrão recomendado pelas Organizações das Nações Unidas como consumo de água suficiente por pessoa, ou seja, o brasileiro está 40 litros acima da média mundial recomendada.

A Figura 3 apresenta o mapa que mostra os índices de perdas na distribuição de acordo com a macrorregião geográfica. No levantamento desse gráfico apresentado, o índice de perdas na distribuição (IPD) do Brasil, ficou em mais de um terço em todas as regiões. Os maiores índices de desperdício de água apresentados foram registrados nas regiões Norte e Nordeste, com 51,2% e 46,2%, respectivamente.

Figura 3 – Índices de perdas na distribuição de água potável.



Fonte: SNIS (2022).

3.1.2 Caracterização do abastecimento de água

Mesmo tendo o conhecimento da importância do saneamento para a saúde pública, muitas regiões pelo mundo ainda apresentam irregularidades quanto ao abastecimento público de água. De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2021), em 2020, cerca de 1 em cada 4 pessoas não teve acesso a água potável gerida de forma segura nas suas casas. Quase metade da população mundial não tem saneamento básico gerido de forma segura e apenas 81% da população mundial terão acesso aos serviços de água potável em 2030. Essa taxa deixa 1,6 bilhão sem o serviço, a menos que a taxa de progresso quadruplique.

De acordo com o SNIS (2022), o Brasil possui um índice médio de atendimento urbano de água equivalente a 93,5%. No diagnóstico do SNIS (2020), em 2019, foi registrado 2.683 municípios com índice de atendimento urbano de água igual a 100%, sendo 51,7% do total de municípios da amostra. Em termos de população, esses municípios correspondem a 45,6% da população urbana residente, ou seja, esse é o percentual de população urbana do país que reside em municípios cujo acesso aos serviços de água estão universalizados, segundo informações dos prestadores de serviço.

A Figura 4 mostra o mapa do índice de abastecimento urbano dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS, distribuído por porcentagens.

Figura 4 – Índice de atendimento urbano com rede de água.



Fonte: SNIS (2022).

Observa-se no mapa a visualização dos estados com os respectivos índices de atendimento urbano por rede de água. Nele estão 20 estados que apresentam um índice superior a 90% e os outros 7 estados se encontram abaixo de 90%.

Nesse cenário, é fundamental estabelecer ações estruturantes e programas de avaliação, controle e redução de perdas, que visem avanços durante o abastecimento. Pois em qualquer processo de abastecimento de água por meio de distribuição, podem ocorrer perdas do recurso (classificadas em perdas aparentes ou reais), e assim considerar ações de *benchmarking* para redução dessas perdas.

As perdas aparentes, também chamadas de perdas não físicas ou comerciais, são relativas à falta de hidrômetros ou demais erros de medição, sendo efetivamente consumida pelo cliente, mas que por algum motivo não foi medido ou contabilizado, conseqüentemente não é faturado pelo prestador de serviço. Já as perdas reais, ou perdas físicas, estão associadas aos vazamentos, ou seja, a água é disponibilizada, mas não chega aos consumidores (SNIS, 2022).

Segundo o SNIS (2021) há 12.835 prestadores de serviço para saneamento no país. Porém, apenas 5.312 municípios possuem sistemas públicos com abastecimento de água e 23 municípios não contam com sistema público e utilizam alternativas individuais para o atendimento, como poços cisternas e caminhões pipa.

Com relação aos dados agregados dos prestadores de serviço do índice de abastecimento urbano, os prestadores de abrangência regional são: CASAL, CAER, SANEAGO, CAESB, SABESP, SANEPAR, CEDAE, SANEATINS, COPANOR, CESAN, CAGEPA, CASAN, COPASA, SANESUL, DESO, EMBASA, COSANPA, CORSAN, CAGECE, AGESPISA, COMPESA, CAERN, ATS, DEPASA, CAEMA, CAERD, CAESA e COSAMA (SNIS, 2022).

Dentre todos os estados, apenas 1 apresenta índice inferior a 30% e 7 deles apresentaram índices de perdas de mais de 50%. De acordo com o mapa, observou-se que todos os estados que apresentam perdas superiores a 50% se situam no Norte e Nordeste do país. O mapa pode ser observado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Mapa do índice de perdas na distribuição de água.



Fonte: SNIS (2022).

Sendo assim, para a diminuição das porcentagens de perdas, são necessárias ações contínuas de redução e controle de perdas, visando assegurar os benefícios em curto, médio e longo prazo, com eficiência e eficácia.

3.2 Seleção dos indicadores

A seleção dos indicadores iniciais é uma etapa essencial para empresas que visam à sustentabilidade geral, seja econômica, ambiental ou social. Com isso, para cada avaliação de sustentabilidade, alguns estudos identificaram que a seleção dos indicadores iniciais deve ser baseada em alguns pontos, como: representatividade, facilidade de compreensão, relevância, confiabilidade, transparência, além de ter disponibilidade dos dados estatísticos nos sistemas (Molinos-Senante *et al.*, 2016).

Os sistemas de informações e as ferramentas de gestão operacional, administrativa e econômico-financeira dos serviços de abastecimento de água podem gerar dados e elementos que permitem a quantificação das metas/objetivos, elaboração e monitoramento de indicadores de desempenho dos diferentes aspectos da gestão desses serviços. Estes se tornam mecanismos importantes para a avaliação comparativa (pontual) e dinâmica (evolução no tempo), alguns dos quais têm se constituídos em instrumentos relevantes na tomada de decisão, tanto interna (gestores dos serviços) quanto externa (financiadores, reguladores, entre outros), em relação à administração desses setores, se apresentando como a melhor alternativa para o acompanhamento da eficiência desses sistemas (Brasil, 2014).

Sendo assim, os indicadores de desempenho utilizados nesta seção foram constituídos em equilíbrio entre a relevância dos indicadores e sua disponibilidade no banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Dos 84 indicadores disponíveis no sistema, foram selecionados 21 para a pesquisa. Não houve proporcionalidade de escolha para os indicadores selecionados, foi feita uma análise com base no grau de importância, na disponibilidade de informações oficiais e na viabilidade do uso quanto ao serviço prestado pela companhia.

Os indicadores que foram selecionados envolvem aspectos econômico-financeiros e administrativos, operacionais de água e de qualidade. Dos 32 indicadores econômico-financeiros e administrativos foram selecionados 7. Dos 22 indicadores operacionais de água, foram selecionados 8 deles. E, dos 13 de qualidade, foram selecionados 6. E todos eles estão descritos conforme a Tabela 4.

Esses indicadores servem para avaliar a qualidade brasileira dos serviços de abastecimento de água, onde essas informações são processadas pelos técnicos do governo federal, sendo de domínio público e organizadas a partir de declarações anuais de responsabilidade das companhias estaduais, empresas privadas, e outros.

Tabela 4 – Indicadores que foram selecionados do SNIS para a análise de desempenho do abastecimento de água.

Nível	Indicadores	Unidade
Indicadores operacionais de água	IN010 – Índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado	%
	IN013 – Índices de perdas por faturamento	%
	IN022 – Consumo médio <i>per capita</i> de água	l/hab./dia
	IN023 – Índice de atendimento urbano de água	%
	IN049 – Índice de perdas na distribuição	%
	IN051 – Índice de perdas por ligação	l/lig./dia
	IN052 – Índice de consumo de água	%
	IN055 – Índice de atendimento total de água	%
Indicadores econômico-financeiros e administrativos	IN003 – Despesa total com os serviços por m ³ faturado	R\$/m ³
	IN004 – Tarifa média praticada	R\$/m ³
	IN005 – Tarifa média de água	R\$/m ³
	IN012 – Indicador de desempenho financeiro	%
	IN026 – Despesa de exploração por m ³ faturado	R\$/m ³
	IN029 – Índice de evasão de receitas	%
	IN060 – Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos	R\$/m ³
Indicadores de qualidade	IN075 – Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	%
	IN076 – Incidência das análises de turbidez fora do padrão	%
	IN079 – Índice de conformidade da quantidade de amostras – cloro residual	%
	IN080 – Índice de conformidade da quantidade de amostras – turbidez	%
	IN084 – Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	%
	IN085 – Índice de conformidade da quantidade de amostras – coliformes totais	%

3.2.1 Indicadores operacionais de água

Os indicadores operacionais são ferramentas para auxiliar as concessionárias na gestão da prestação dos serviços. São extremamente importantes para o desenvolvimento de planos de reabilitação, renovação e substituição de diferentes componentes da infraestrutura física da concessionária para uma gestão eficaz de ativos. De modo que, a eficiência em sistemas de abastecimento está em grande parte relacionada com a operação destes (Haider; Sadiq; Tesfamariam, 2016). A seguir, estão listados os indicadores selecionados nesta dimensão para avaliação.

Os indicadores que foram selecionados para esta dimensão foram baseados em aspectos de água, visando analisar e medir os índices na busca de melhorias nos seus processos, principalmente aos que estão relacionados ao consumo. Visto que, estes indicadores fornecem informações importantes sobre planejamento e controle, que são imprescindíveis para aprimoramentos e inovações no sistema produtivo.

IN010 – Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%)

Expressa o percentual micromedido do volume total de água que foi disponibilizado para distribuição.

IN013 – Índices de perdas por faturamento (%)

Resulta o percentual de faturamento correspondente à comparação entre o volume de água disponibilizado para a distribuição e o faturado.

IN022 – Consumo médio *per capita* de água (l/hab./dia)

Expressa a média de consumo diário por habitante atendido com rede geral de abastecimento de água e abrangem os consumos domésticos, comerciais, públicos e industriais.

IN023 – Índice de atendimento urbano de água (%)

Indica a parcela da população urbana efetivamente atendida por rede de abastecimento de água em relação à população urbana residente.

IN049 – Índice de perdas na distribuição (%)

Expressa o percentual do volume total de água disponibilizado que não foi contabilizado (perdas aparentes) ou perdido (perdas reais) na distribuição.

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

Expressa o volume médio diário de água não contabilizado ou perdido por ligação ativa de água. Indica o nível médio de perdas de água que ocorrem em um dia por ligação ativa decorrentes das perdas aparentes e das perdas reais na distribuição.

IN052 – Índice de consumo de água (%)

Expressa o percentual do volume total de água consumido.

IN055 – Índice de atendimento total de água (%)

Indica a parcela da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede de abastecimento de água.

3.2.2 Indicadores econômico-financeiros e administrativos

O planejamento financeiro é o ponto principal dos elementos estabelecidos no planejamento de qualquer organização. Além de ter os recursos necessários para o cumprimento dos objetivos e metas, cuja finalidade é identificar as ações e necessidades dos recursos e definir os critérios de utilização desses recursos. Toda empresa deve manter, de maneira regular, o hábito de produzir demonstrativos financeiros, bem como prever, programar, acompanhar, avaliar e revisar a política e a situação financeira para a melhoria e alcance de seus objetivos (Brasil, 2014).

Os indicadores selecionados foram baseados em aspectos de água, visando analisar e reforçar a preocupação com os valores das despesas e tarifas totais referentes ao setor, que destacasse a importância da prestação de um serviço eficiente.

Os indicadores selecionados para esta dimensão estão sendo especificados abaixo.

IN003 – Despesa total com os serviços por m³ faturado (R\$/m³)

Indica as despesas totais dos serviços por m³, considerando o volume de água e de esgoto faturado.

IN004 – Tarifa média praticada (R\$/m³)

Avalia a receita direta de água, esgoto, de água exportada e de esgoto bruto importado, em relação ao volume de água e esgoto faturado.

IN005 – Tarifa média de água (R\$/m³)

Avalia a receita operacional direta de água em relação ao volume de água faturado e exportado para o sistema.

IN012 – Indicador de desempenho financeiro (%)

Avalia as receitas operacionais diretas de água e esgoto em relação às despesas totais com os serviços da companhia.

IN026 – Despesa de exploração por m³ faturado (R\$/m³)

Indica o total de despesas de exploração em relação à soma dos volumes de água e esgoto faturado.

IN029 – Índice de evasão de receitas (%)

Apresenta a diferença entre a receita operacional e a arrecadação com relação à receita operacional total.

IN060 – Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos (R\$/kWh)

Apresenta o total de despesas com energia elétrica em relação ao consumo total de energia nos sistemas de água e esgoto.

3.2.3 Indicadores de qualidade

Os indicadores de qualidade do serviço prestado são importantes, pois verificam se a água está nos padrões de potabilidades vigentes e própria para o abastecimento. A seleção foi feita considerando a avaliação da eficiência dos prestadores dos sistemas de abastecimento de água que deve possuir planejamento e gestão, além de possuir características e controles em relação a esses padrões de qualidade da água (Hamdan; Libânio; Costa, 2019).

A seguir, estão os indicadores selecionados na categoria de qualidade para avaliação do serviço.

IN075 – Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (%)

Equivala a quantidade de amostras de água analisadas para cloro fora do padrão de potabilidade em relação à quantidade de amostras para cloro residual do total de amostras analisadas.

IN076 – Incidência das análises de turbidez fora do padrão (%)

Corresponde à quantidade de amostras para turbidez fora do padrão de potabilidade em relação à quantidade de amostras para turbidez do número total de amostras analisadas.

IN079 – Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual (%)

Representa a quantidade de amostras para cloro residual do número total de amostras analisadas em relação à quantidade mínima de amostras obrigatórias para serem analisadas.

IN080 – Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez (%)

Esse índice corresponde a quantidade de amostras analisadas para turbidez em relação à quantidade mínima de amostras obrigatórias a serem.

IN084 – Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (%)

Esse índice equivale à quantidade de amostras de água para coliformes totais com resultados fora do padrão em relação à quantidade de amostras vistas.

IN085 – Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais (%)

Representa a quantidade de amostras para coliformes totais do número total de amostras analisadas em relação à quantidade mínima de amostras obrigatórias a serem analisadas.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados para a pesquisa foi realizada considerando as informações oficiais (dados agregados) que estão disponíveis em cada indicador de desempenho do SNIS, que é um sistema regularizado pelo Governo Federal. Serão utilizados os dados mais atuais do sistema e será feita uma análise das regiões do território brasileiro.

3.3.1 Levantamento dos dados

As informações serão dos últimos 10 anos, sendo de 2012 a 2021, coletadas nos bancos de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). O SNIS é o maior e o mais importante sistema de informações do setor de saneamento do Brasil, com um banco de dados que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e contábil sobre a prestação de serviços de saneamento básico. A consolidação do SNIS, desde 1995, permite o emprego dos seus indicadores como referência para a avaliação da atuação das concessionárias de água brasileiras. O sistema possui um dispositivo automático de análise de consistência de dados, que alerta os técnicos das companhias para possíveis inconsistências, comparando os dados fornecidos com os *benchmarks* e o histórico da própria companhia.

3.4 Análise multicritério de apoio à decisão

A necessidade de se utilizar modelos e métodos para apoio à decisão a fim de atingir múltiplos objetivos, leva a observar que os problemas reais enfrentados pelas empresas e organizações são intrinsecamente multiatributos e multidimensionais. Na maioria das vezes, um problema não leva em consideração apenas um critério, mas vários com diferenças relevantes para que consiga escolher o que melhor apresente um desempenho. Ou seja, não existe um único critério melhor, por isso em diversas ocasiões os modelos de análise multicritério mostram métodos mais adequados para apoio a tomada de decisão por essa flexibilidade. Os métodos multicritérios surgiram como métodos que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes e que tem a função de agregar, de maneira compreensível e sistemática (Silva, M. G. G., 2021).

Para a gestão de sistemas de abastecimento de água, buscar decisões que envolvam vários critérios, é uma importante opção para desenvolver várias características dos problemas reais e ser compreendida de forma que torne mais fácil a tomada de decisão. Onde, com um conjunto de métodos é possível o tratamento em paralelo de questões econômicas, sociais, políticas e ambientais (Silva, M. C. O., 2021).

Dentre os vários métodos de análise multicritério existentes, o método híbrido Grey-TOPSIS, que serve para construir um modelo de apoio à decisão em problemas multicritério inseridos em ambiente com informação imprecisa, foi considerado o mais adequado.

Pois, o método Grey é utilizado para solucionar os problemas apresentados no cotidiano real, uma vez que não são expressos de maneira coerente pelos decisores. Sendo assim, para a pesquisa, esse método foi abordado para trabalhar com dados imprecisos e tornar o modelo proposto mais conciso e real.

E o método TOPSIS é um dos métodos de auxílio para resolução de problemas multicritério de tomada de decisão. Esse método é de fácil aplicabilidade e entendimento, e foi escolhido para ser utilizado na resolução desses problemas. Já que ele é caracterizado pelo cálculo de um coeficiente baseado na distância que cada alternativa apresenta aos pontos de solução ideal positiva e solução ideal negativa, resultando em uma ordenação simples com alto nível de confiança.

3.4.1 Método TOPSIS

O método TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) foi desenvolvido por Hwang e Yonn, a partir de uma lógica de cauterização. É uma técnica de avaliação de performances de alternativas, definido como uma técnica que avalia o desempenho de múltiplas alternativas que se baseiam no conceito de similaridade à solução ideal positiva e o afastamento da solução ideal negativa. Esse conceito é baseado no conceito de que a alternativa escolhida deve ter a menor distância euclidiana da alternativa ideal (A+) e o mais distante da solução ideal negativa (A-) (Freitas; Costa, 2018). O TOPSIS também é muito utilizado para solucionar problemas de tomada de decisão da vida real. Por exemplo, Melo *et al.* (2018) avaliaram o serviço de abastecimento de água de oito municípios do estado do Rio Grande do Norte, utilizando o método TOPSIS, e conseguiram apontar o município com o melhor serviço prestado entre as opções estudadas. Ainda, Leão *et al.* (2020) avaliaram materiais para a construção de ponteiras de baixo custo para bengalas desmontáveis de deficientes visuais e através do método TOPSIS conseguiram definir o material com o melhor desempenho. Como também, Falcón *et al.* (2021) fizeram uma análise do resultado de um ranking das universidades equatorianas utilizando o método TOPSIS e obtiveram a confirmação

da veracidade dos fatos descritos nesse ranking evidenciando o grande valor prático do método TOPSIS como técnica de tomada de decisão multicritério.

Esse algoritmo assume que o nível de desempenho de cada indicador é uma função monotonicamente crescente ou decrescente, o que significa que um valor mais alto do índice corresponde a um desempenho mais alto. O procedimento proposto para o método TOPSIS pode ser resumido da seguinte maneira:

Criação de uma matriz de decisão. Deve-se, inicialmente, montar uma matriz de decisão A em que A_1, A_2, \dots, A_m são as alternativas representadas nas linhas e C_1, C_2, \dots, C_n são os critérios apresentados nas colunas de A , conforme mostrado na Equação (1):

$$A = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_n \\ A_1 & (X_{11} & \dots & X_{1n}) \\ \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & (X_{m1} & \dots & X_{mm}) \end{matrix} \quad (1)$$

Depois, a determinação/estimativa dos pesos de cada indicador de desempenho, que corresponderão ao valor médio dos pesos estabelecidos por especialistas. Os especialistas ranquearão os indicadores com base na relevância destes na mensuração do desempenho global de sistemas de abastecimento de água. Daí tem-se um vetor de pesos W de cada dimensão da avaliação, conforme a Equação (2):

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2)$$

Tendo os pesos, faz-se a normalização dos indicadores com a matriz $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ por meio da Equação (3):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

Após a obtenção da matriz R , há a determinação da matriz ponderada. O valor ponderado de cada indicador é calculado pela Equação (4):

$$v_{ij} = w_j \times x_{ij} \quad (4)$$

Com isso, determina-se o cálculo das soluções ideais positivas, $PIS(X^*)$ representado pela Equação (5), e ideais negativas, $NIS(X^-)$ representado pela Equação (6), através das equações a seguir, respectivamente. Em que J_1 é o conjunto de atributos positivos e J_2 é o conjunto de atributos negativos.

$$X^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (5)$$

$$X^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (6)$$

Também, determina-se o cálculo das distâncias (Y) de cada empresa de abastecimento de água por meio dessas equações. Nesta etapa, as distâncias de todos os níveis de desempenho de um componente funcional são medidas pela distância euclidiana n-dimensional por meio das Equações (7) e (8).

$$Y_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^*)^2} \quad \therefore i = 1, \dots, m \quad (7)$$

$$Y_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2} \quad \therefore i = 1, \dots, m \quad (8)$$

Por fim, a Equação (9) estabelece o valor do indicador de desempenho global.

$$P_i = \frac{Y_i^-}{Y_i^* + Y_i^-} \quad \therefore i = 1, \dots, m \quad (9)$$

3.4.2 Método Grey

A Teoria Grey ou Teoria de Sistemas Cinzas é um método eficaz usado para resolver problemas de incerteza com dados discretos e informações ambíguas. E tem sido aplicada a várias áreas, como por exemplo, tomada de decisão, previsão, computação gráfica e controle de sistemas. Essa abordagem é apropriada para resolver problemas de tomada de decisão multicritério em um ambiente de imprecisão e incerteza (Nyaoga; Magutu; Wang, 2016).

O sistema cinza é definido como um sistema contendo informações incertas apresentadas por um número cinza e variáveis cinzas. O conceito de um sistema cinza é mostrado na Figura 6.



FONTE: Rocha (2013).

As informações que estão completamente conhecidas ou estão totalmente acessíveis são chamadas de sistema branco. Se nenhuma informação pode ser

acessada, esses sistemas são chamados de sistema caixa-preta. Porém, essas duas nomações servem como objeto ideal teórico e raramente fazem referência a sistemas reais. Nesses casos, as informações são parcialmente conhecidas e parcialmente desconhecidas. Sendo assim, por ter as características dos dois sistemas, essas informações são classificadas como sistema cinza (Rocha, 2013).

Por serem expressos em intervalos, um número cinza é composto por um valor inferior e um valor superior. E dessa forma, o valor de uma consequência pode ser representado por qualquer valor contido na faixa. Porém, para a aplicação destes números em problemas de decisão multicritério, algumas definições quanto as suas modelagens devem ser observadas (Roselli; Almeida, 2015).

De acordo com Rocha (2013), matematicamente, as características dos sistemas cinza podem ser representadas por intervalos numéricos. Esses intervalos representam a capacidade de produção da parte parcialmente conhecida da informação, enquanto a impossibilidade de definir um ponto dentro desse intervalo mostra a parte parcialmente desconhecida da informação. Por isso, é importante definir um elemento matemático que possibilite esta particularidade. Normalmente, denota-se o símbolo \otimes para um número cinza, subdividindo-se em vários tipos, sendo eles:

I. Número cinza com intervalo inferior:

$$\otimes \in [\underline{a}, +\infty) \text{ ou } \otimes (\underline{a}) \quad (10)$$

II. Número cinza com intervalo superior:

$$\otimes \in (-\infty, \bar{a}] \text{ ou } \otimes (\bar{a}) \quad (11)$$

III. Número cinza intervalar:

$$\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}] \quad (12)$$

IV. Números pretos:

$$\otimes \in [-\infty, +\infty] \quad (13)$$

V. Números brancos:

$$\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}] \text{ com } \underline{a} = \bar{a} \quad (14)$$

Definição 1. Operações com números cinza.

Lin, Lee, Ting (2008) consideram dois números cinza. Um número cinza com intervalo inferior e outro com intervalo superior. Com essas subdivisões é possível definir o conjunto básico de operações com número cinza.

Isto é $\otimes_a \in [\underline{a}, \bar{a}]$ com $\underline{a} < \bar{a}$ e $\otimes_b \in [\underline{b}, \bar{b}]$ com $\underline{b} < \bar{b}$.

Para a operação de adição, temos:

$$\otimes_a + \otimes_b \in [\underline{a} + \underline{b}, \bar{a} + \bar{b}] \quad (15)$$

Com o elemento aditivo inverso dado por:

$$- \otimes_a \in [-\underline{a}, -\bar{a}] \quad (16)$$

Portanto, a operação de subtração é definida como:

$$\otimes_a - \otimes_b = \otimes_a + (- \otimes_b) \in [\underline{a} - \underline{b}, \bar{a} - \bar{b}] \quad (17)$$

Define-se a multiplicação de dois números cinzas como:

$$\otimes_a \times \otimes_b \in [\min\{\underline{a}\underline{b}, \underline{a}\bar{b}, \bar{a}\underline{b}, \bar{a}\bar{b}\}, \max\{\underline{a}\underline{b}, \underline{a}\bar{b}, \bar{a}\underline{b}, \bar{a}\bar{b}\}] \quad (18)$$

Onde $\min\{\}$ e $\max\{\}$ representam o valor mínimo e máximo de um certo conjunto de números, respectivamente. Se $\otimes_a \in [\underline{a}, \bar{a}]$, com $\underline{a} \neq 0, \bar{a} \neq 0$ é possível definir um elemento inverso da seguinte forma:

$$\otimes_a^{-1} \in \left[\frac{1}{\underline{a}}, \frac{1}{\bar{a}} \right] \quad (19)$$

Tal que:

$$\frac{\otimes_a}{\otimes_b} = \otimes_a \times \otimes_b^{-1} \in \left[\min\left\{ \frac{\underline{a}}{\underline{b}}, \frac{\underline{a}}{\bar{b}}, \frac{\bar{a}}{\underline{b}}, \frac{\bar{a}}{\bar{b}} \right\}, \max\left\{ \frac{\underline{a}}{\underline{b}}, \frac{\underline{a}}{\bar{b}}, \frac{\bar{a}}{\underline{b}}, \frac{\bar{a}}{\bar{b}} \right\} \right] \quad (20)$$

Para multiplicação por um escalar temos:

$$k \otimes \in [k\underline{a}, k\bar{a}] \quad (21)$$

Com $\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}]$, $\underline{a} < \bar{a}$ e k sendo um número real e positivo. Para expoentes, procede-se de modo semelhante com

$$\otimes^k \in [\underline{a}^k, \bar{a}^k] \quad (22)$$

Definição 2. Distância entre dois números cinza.

Para o cálculo da distância, Lin, Lee, Ting (2008) consideram dois números cinza $\otimes_a = [\underline{a}, \bar{a}]$ e $\otimes_b = [\underline{b}, \bar{b}]$:

$$d(\otimes_a, \otimes_b) = \sqrt{\frac{1}{2}[(\underline{a} - \underline{b})^2 + (\bar{a} - \bar{b})^2]} \quad (23)$$

Definição 3. Transformação de um número cinza em um número branco.

De acordo com Nyaoga, Magutu, Wang (2016) um número cinza pode se transformar em um número branco a partir de algumas etapas.

Assuma x_{ij}^k como o número cinza para a classificação de um tomador de decisão k da influência do critério j na alternativa i . Sejam l e u os limites inferior e superior das variáveis cinzas, respectivamente, então os números cinzas para o limite inferior são xl_{ij}^k e os do limite superior são xu_{ij}^k , respectivamente.

Normalizando:

$$xu_{ij}^k = \frac{u_{ij}^k - \min u_{ij}^k}{\Delta_{min}^{max}} \quad (24)$$

$$xl_{ij}^k = \frac{l_{ij}^k - \min l_{ij}^k}{\Delta_{min}^{max}} \quad (25)$$

Em que: $\Delta_{min}^{max} = \max u_{ij}^k - \min l_{ij}^k$

Onde $\max u_{ij}^k$ é o limite superior máximo enquanto $\min l_{ij}^k$ é o limite inferior mínimo dentro dos números cinza.

Cálculo dos valores brancos normalizados totais:

$$x_{ij}^k = \frac{x l_{ij}^k \times (1 - x l_{ij}^k) + (x u_{ij}^k \times x u_{ij}^k)}{1 - x l_{ij}^k + x u_{ij}^k} \quad (26)$$

Cálculo do valor nítido:

$$z_{ij}^k = \min l_{ij}^k + (x_{ij}^k \times \Delta_{min}^{max}) \quad (27)$$

Integração de matrizes de dados nítidas:

$$z_{ij} = \frac{1}{k} (z_{ij}^1 + z_{ij}^2 + z_{ij}^3 + \dots + z_{ij}^k) \quad (28)$$

3.4.3 Método Grey-TOPSIS

Assim como abordado acima, o método TOPSIS foi escolhido para auxiliar na resolução de problemas de tomada de decisão. É caracterizado pelo cálculo de um coeficiente baseado na distância euclidiana que cada alternativa apresenta aos pontos de solução ideal superior e solução ideal inferior, e por fim o método resulta em uma ordenação com um alto nível de confiança e de simples visualização. E o método Grey foi escolhido para auxiliar nos dados imprecisos, já que consegue trabalhar com a parte parcialmente conhecida e desconhecida da informação, além de tornar o modelo proposto mais conciso e real.

Dessa forma, após a apresentação do conceito geral de ambos os métodos, é necessário que uma integração seja feita para facilitar a aplicabilidade no problema. Com relação a isso, a integração dos conceitos foi analisada por diversos estudos tradicionais existentes na literatura, e por isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com o intuito de demonstrar as diversas formas de integração destes conceitos.

A Tabela 5 traz alguns estudos dos últimos anos, em diversos segmentos, principalmente em literatura internacional, que fizeram a utilização do método híbrido Grey-TOPSIS e que obtiveram resultados satisfatórios com o método.

Tabela 5 – Estudos que abordaram o método Grey-TOPSIS.

Autor (ano de publicação)	Resumo
Chalvatzis <i>et al.</i> (2019)	Este artigo se concentrou no Reino Unido para avaliar as opções de geração de eletricidade em relação a critérios técnicos, ambientais e sociais, usando o Grey-TOPSIS para ajudar na incompletude e na redundância de dados, bem como a ambiguidade da opinião de especialistas.
Feng <i>et al.</i> (2019)	Este estudo fez uma avaliação de fornecedores de uma empresa de manufatura colaborativa usando o método Grey-TOPSIS.
Liu <i>et al.</i> (2019)	Este estudo propôs avaliar a resiliência de um sistema combinado regional de recursos hídricos e solo. E o método Grey-TOPSIS foi usado para a classificação da resiliência desse sistema para 15 fazendas em Jiansanjiang, província de Heilongjiang, China.
Tran, Nguyen, Huang (2020)	Este estudo visa tomar decisões sobre o parâmetro ótimo do processo de furação durante a usinagem em plástico reforçado com fibra de carbono com base no método Grey-TOPSIS.
Chang <i>et al.</i> (2021)	Este estudo fez uma avaliação do modelo de negócios, envolvendo os fatores que afetam o desenvolvimento de submarcas para a indústria hoteleira em Taiwan, usando o método Grey-TOPSIS que foi empregado para avaliar, calcular e certificar a análise de peso e a classificação dos índices de influência da submarca do hotel.
Malaga, Vinodh (2021)	Este estudo tem como objetivo identificar e analisar os impulsionadores da fabricação inteligente utilizando abordagens integradas, no qual são analisados 25 drivers e 8 critérios. Essa análise facilita os profissionais da indústria na identificação da preferência de ordem por similaridade com a solução ideal de drivers de manufatura inteligente por meio dos quais a fabricação inteligente pode ser implementada.
Dai <i>et al.</i> (2022)	Este estudo adotou os métodos convencionais de classificação de maciços rochosos profundos de índice de qualidade de túneis, classificação do maciço rochoso e qualidade básica do padrão nacional da China, para descobrir se tinham uma baixa taxa de coincidência na área de profundidade de soterramento acima de 780 metros, e para isso, utilizou o método Grey-TOPSIS.
Prakash <i>et al.</i> (2022)	Este estudo fez uma avaliação usando o Grey-TOPSIS. A técnica proposta é aplicada e testada por um fabricante indiano de grupos geradores a diesel para identificar o conjunto mais adequado de

estratégias para a colaboração sustentável da cadeia de suprimentos sob risco e incerteza, ajudando as organizações a se protegerem contra riscos externos e internos.

Wang (2022) Este estudo integrou uma metodologia de cálculo para identificar os modos de falha da função da atividade de gerenciamento e análise de efeito com a estrutura do sistema de gestão padronizada ISO9001, fornecendo uma base para que gerentes e profissionais avaliem quantitativamente e evitem erros nas atividades de gerenciamento através do Grey-TOPSIS.

Zang *et al.* (2022) Este estudo foi projetado para aliviar os conflitos de drenagem causados pela grilagem de direitos de drenagem de enchentes em bacias hidrográficas, do canal de Sunan, na China. Onde foi realizado um sistema de índice de alocação empregando a teoria sinérgica e seguindo os princípios de segurança, qualidade, eficiência e sustentabilidade. E o método Grey-TOPSIS foi aplicado para obter os resultados ótimos de atribuição dos direitos de drenagem de enchentes.

Como foi apresentado nos estudos acima, a seleção desse método se dá por questões que visam o cotidiano das organizações e companhias. Sendo assim, esta pesquisa também desenvolveu uma seleção de dados para aplicar o modelo proposto, pois a tomada de decisão quanto à escolha dos dados se comporta como um problema de decisão multicritério.

Esta pesquisa tem como propósito realizar uma análise baseada em indicadores de desempenho, que permita avaliar a qualidade dos serviços das companhias de abastecimento de água nos últimos 10 anos (2012 a 2021), de acordo com os dados disponibilizados no SNIS. O método é abordado para lidar com questões como esta (com dados imprecisos e de difícil entendimento) e é nesse sentido que a pesquisa utiliza o Grey-TOPSIS, o que justifica a escolha do método.

Foram utilizados dados agregados de 21 indicadores de desempenho, divididos em três dimensões, sendo elas, operacional, econômico-financeiro e administrativo e de qualidade, utilizados como critérios avaliando cada uma das 28 prestadoras de serviço do índice de abastecimento urbano, de abrangência regional, utilizados como alternativas.

Inicialmente, o modelo foi desenvolvido procurando seguir o melhor caminho, analisando as abordagens de formulação para conseguir chegar ao resultado. Por

consequência, logo optou-se por avaliar cada dimensão separadamente, ou seja, fazer uma análise por perspectiva, uma vez que cada companhia conseguirá mostrar seu desempenho nas diferentes categorias de desempenho. Ainda, é importante destacar que, como algumas prestadoras de serviço não possuíam dados disponibilizados para alguns indicadores, caso a análise fosse realizada de forma global, estas prestadoras com dados faltantes teriam que ser excluídas da análise.

As sequências de etapas para esta pesquisa foram as seguintes:

Etapa 1. Matriz de avaliação Grey.

Para construir a matriz de avaliação Grey, foram selecionados os menores e os maiores valores, durante os últimos 10 anos, de cada critério (indicadores) para cada alternativa (companhias).

*Etapa 2. Obtenção da matriz *crispy* final.*

Para chegar à matriz *crispy* final, é necessário passar por três passos.

Passo 1. Normalização da matriz de avaliação Grey.

Primeiro, é feita a normalização da matriz de avaliação para garantir que a normalização adeque os valores das consequências dentro do intervalo de [0,1].

Para calcular o valor do número cinza para o critério inferior, temos

$$xl_{ij}^k = \frac{l_{ij}^k - \min l_{ij}^k}{\max u_{ij}^k - \min l_{ij}^k} \quad (29)$$

E, para calcular o valor do número cinza para o critério superior, temos

$$xu_{ij}^k = \frac{u_{ij}^k - \min u_{ij}^k}{\max u_{ij}^k - \min l_{ij}^k} \quad (30)$$

Onde:

xl_{ij}^k é o valor normalizado para os valores inferiores;

xu_{ij}^k é o valor normalizado para os valores superiores;

l_{ij}^k é o valor inferior do critério;

u_{ij}^k é o valor superior do critério;

$\min l_{ij}^k$ é o valor mínimo entre os valores inferiores;

$\min u_{ij}^k$ é o valor mínimo entre os valores superiores; e

$\max u_{ij}^k$ é o valor máximo entre os valores superiores.

Passo 2. *Crispy* normalizado.

Esse passo tem como finalidade transformar os dois valores (inferior e superior) em um valor branco normalizado total, através da seguinte equação

$$x_{ij}^k = \frac{x l_{ij}^k \times (1 - x l_{ij}^k) + (x u_{ij}^k \times x u_{ij}^k)}{1 - x l_{ij}^k + x u_{ij}^k} \quad (31)$$

Onde:

x_{ij}^k é o valor branco normalizado total;

$x l_{ij}^k$ é o valor normalizado do valor inferior; e

$x u_{ij}^k$ é o valor normalizado do valor superior.

Passo 3. *Crispy* final.

Esse é o último passo para a obtenção da matriz *crispy* final. O cálculo para obter esse valor branco, é através da seguinte equação

$$z_{ij}^k = \min l_{ij}^k + \left(x_{ij}^k \times (\max u_{ij}^k - \min l_{ij}^k) \right) \quad (32)$$

Onde:

z_{ij}^k é o valor branco;

x_{ij}^k é o valor branco normalizado total;

$\min l_{ij}^k$ é o valor mínimo entre os valores inferiores; e

$\max u_{ij}^k$ é o valor máximo entre os valores superiores.

Etapa 3. Ponderação da matriz crispy.

Para a construção da matriz ponderada, foi seguida a seguinte formulação para se obter o valor ponderado de cada indicador

$$v_{ij} = w_j \times x_{ij} \quad (33)$$

Onde:

v_{ij} é o valor da consequência ponderada representada na forma intervalar;

w_j é a constante de escala para o critério, ou seja, o peso de cada critério; e

x_{ij} é o valor da consequência normalizada representada na forma intervalar.

Etapa 4. Obtenção da solução ideal inferior e superior.

Com essa etapa é possível determinar os valores das soluções ideais inferiores e superiores, seguindo a seguinte equação

Para o cálculo da solução ideal superior

$$X^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (34)$$

Para o cálculo da solução ideal inferior

$$X^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (35)$$

Onde:

J_1 é o conjunto de atributos positivos; e

J_2 é o conjunto de atributos negativos.

Etapa 5. Cálculo das distâncias de cada alternativa para a solução inferior e superior.

Determina-se o cálculo das distâncias (Y) de cada empresa por meio das seguintes equações

Para calcular o valor da distância para a solução ideal inferior, temos

$$Y_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2} \quad \therefore i = 1, \dots, m \quad (36)$$

Para calcular o valor da distância para a solução ideal superior, temos

$$Y_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^*)^2} \quad \therefore i = 1, \dots, m \quad (37)$$

Onde:

v_{ij} é o valor da consequência ponderada representada na forma intervalar;

v_i^- é o valor da solução ideal inferior; e

v_i^* é o valor da solução ideal superior;

Etapa 6. Obtenção da performance global de cada alternativa.

Por fim, o cálculo do valor do desempenho global de cada alternativa é realizado por meio da seguinte equação

$$P_i = \frac{Y_i^-}{Y_i^* + Y_i^-} \quad i = 1, \dots, m \quad (38)$$

Onde:

Y_i^- é o valor da distância para a solução ideal inferior; e

Y_i^* é o valor da distância para a solução ideal superior.

A próxima seção, mostra os resultados da aplicação de cada etapa descrita nesta seção.

4 RESULTADOS

4.1 Aplicação do método Grey-TOPSIS

Para as alternativas, foram utilizados os dados anuais agregados dos prestadores de serviço do índice de abastecimento urbano. Os prestadores que são de abrangência regional são apresentados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Prestadores de serviço de abrangência regional.

Sigla	Instituição	UF
AGESPISA	Águas e Esgotos do Piauí	PI
ATS	Agência Tocantinense de Saneamento	TO
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	MA
CAER	Companhia de Águas e Esgotos de Roraima	RR
CAERD	Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia	RO
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte	RN
CAESA	Companhia de Água e Esgoto do Amapá	AP
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	DF
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CE
CAGEPA	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba	PB
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas	AL
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	PR, SC
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos	RJ
CESAN	Companhia Espírito-Santense de Saneamento	ES
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento	PE
COPANOR	Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas	MG
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais	MG
CORSAN	Companhia Rio-Grandense de Saneamento	RS
COSAMA	Companhia de Saneamento do Amazonas	AM
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará	PA
DEPASA	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	AC
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe	SE
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento	BA
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	SP
SANEAGO	Saneamento de Goiás	GO
SANEATINS	Companhia de Saneamento do Tocantins	PA, TO
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná	PR, SC
SANESUL	Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul	MS

Fonte: SNIS (2022).

Para os critérios, foram utilizados 21 indicadores de desempenho, sendo eles divididos em 8 critérios da categoria operacional, 7 da categoria econômico-financeiro e administrativo e 6 critérios de qualidade.

Esses dados serão avaliados em um cenário, onde todos os pesos serão iguais para todos os critérios, considerando que todos os indicadores avaliados são relevantes para a pesquisa.

Considerando esse raciocínio e seguindo as etapas de cálculo do método Grey-TOPSIS apresentado na seção anterior, mostram-se três resultados, sendo um para cada dimensão (operacional, econômico-financeiro e administrativo e de qualidade).

E para possibilitar o melhor entendimento dos resultados, nesta seção, só serão apresentadas as planilhas com os principais resultados obtidos do método. Todas as outras planilhas com os demais resultados das etapas estarão na seção Apêndices.

Cenário de pesos iguais

- Indicadores operacionais de água

Os indicadores operacionais estão apresentados na Tabela 7, a seguir, para facilitar a visualização de como os critérios foram renomeados e auxiliar na leitura dos resultados. É importante notar que alguns critérios são de minimização (quanto menor, melhor) e outros de maximização (quanto maior, melhor). Isto é mostrado na Tabela 7 na coluna de direção da função, com as siglas min e max, para minimização e maximização, respectivamente.

Tabela 7 – Critérios, direção e pesos para o desempenho operacional.

Critérios		Indicadores operacionais	Direção	Pesos
C1	IN010	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%)	Max	0,125
C2	IN013	Índices de perdas por faturamento (%)	Min	0,125
C3	IN022	Consumo médio per capita de água (l/hab./dia)	Min	0,125
C4	IN023	Índice de atendimento urbano de água (%)	Max	0,125
C5	IN049	Índice de perdas na distribuição (%)	Min	0,125
C6	IN051	Índice de perdas por ligação (l/lig./dia)	Min	0,125
C7	IN052	Índice de consumo de água (%)	Min	0,125
C8	IN055	Índice de atendimento total de água (%)	Max	0,125

Etapa 1. Matriz de avaliação Grey.

Cada critério possui seu valor máximo e valor mínimo durante os 10 anos. Esses valores são apresentados na Tabela 8, a seguir. Onde C_{-} representa os critérios de valores mínimos e C' representa os critérios de valores máximos para cada prestadora. Sendo assim, cada uma prestadora terá 16 valores ao final.

Tabela 8 – Matriz de avaliação Grey (operacional).

	C1 ₋	C1'	C2 ₋	C2'	C3 ₋	C3'	C4 ₋	C4'	C5 ₋	C5'	C6 ₋	C6'	C7 ₋	C7'	C8 ₋	C8'
CASAL	24,93	39,06	38,28	68,75	85,74	158,87	33,24	90,56	26,59	48,09	259,52	692,08	51,91	73,41	30,93	73,33
CAER	16,84	24,50	62,35	75,33	130,18	163,15	98,92	99,75	57,02	75,35	823,32	1512,00	24,65	42,98	79,93	81,96
SANEAGO	65,22	70,64	23,22	34,87	130,43	144,40	92,71	97,59	25,37	30,08	128,46	190,61	69,92	74,63	85,00	90,58
CAESB	58,52	75,93	19,95	35,25	132,39	189,91	97,46	99,06	23,92	35,21	261,46	380,97	64,79	76,08	97,46	99,06
SABESP	62,55	66,61	17,49	26,71	146,81	179,80	97,76	98,43	30,46	33,76	257,18	384,53	66,24	69,54	94,97	96,49
SANEPAR	65,01	67,49	19,47	32,32	132,09	145,10	99,60	100,00	32,51	34,99	211,18	236,34	65,01	67,49	90,62	95,64
CEDAE	21,75	36,85	49,71	58,70	180,06	281,92	86,41	90,26	29,80	48,45	635,16	872,52	51,55	70,20	85,95	89,85
SANEATINS	61,00	68,58	17,87	27,00	122,23	140,72	88,90	98,50	30,80	39,00	161,73	247,58	61,00	69,20	71,09	89,63
COPANOR	61,41	74,15	4,69	39,76	73,10	124,30	20,20	28,40	22,51	37,91	63,73	150,02	62,09	77,49	18,43	30,10
CESAN	58,35	64,82	20,67	29,25	169,62	215,25	87,50	95,60	33,01	40,06	406,54	455,71	59,94	66,99	75,79	82,13
CAGEPA	41,61	60,53	21,83	41,78	102,35	144,10	89,12	96,83	35,43	39,37	215,54	334,08	60,63	64,57	71,69	83,07
CASAN	50,62	59,08	24,69	46,64	130,90	143,86	95,00	98,01	36,06	40,21	325,71	376,98	59,79	63,94	78,42	86,80
COPASA	59,66	66,78	28,43	40,53	134,98	148,30	89,27	98,74	33,18	40,25	214,08	255,39	59,75	66,82	76,36	84,45
SANESUL	56,88	63,28	26,65	33,29	140,95	154,22	98,02	99,35	36,62	42,70	243,18	303,58	57,30	63,38	78,00	79,07
DESO	38,82	51,85	34,76	52,90	111,08	132,62	89,40	97,67	43,01	60,83	319,23	645,04	39,17	56,99	79,84	87,58
EMBASA	51,41	55,48	24,43	39,74	104,47	118,01	93,86	98,06	38,51	43,01	244,18	317,90	56,99	61,49	76,32	80,11
COSANPA	19,19	34,04	37,15	44,98	112,25	133,72	42,94	51,68	40,35	47,94	402,48	507,87	52,06	59,65	32,88	40,89
CORSAN	54,88	57,45	38,62	52,49	128,10	152,74	92,10	97,21	31,47	45,01	284,13	356,29	54,99	68,53	77,96	82,77
CAGECE	51,99	62,19	22,98	29,86	118,64	134,85	67,99	84,82	37,75	46,93	245,69	296,34	53,07	62,25	53,06	66,20
AGESPISA	33,94	48,05	36,64	46,97	79,78	138,80	50,63	97,48	45,53	54,34	239,73	487,19	45,66	54,47	47,10	77,45
COMPESA	37,24	48,01	34,65	43,36	92,01	109,00	84,40	94,17	45,79	54,98	325,86	480,03	45,02	54,21	70,71	83,37
CAERN	30,34	45,52	37,74	49,26	101,38	113,00	87,60	95,77	51,09	58,60	420,60	595,04	41,40	48,91	74,30	83,55
ATS	24,82	66,81	18,98	50,78	69,66	128,97	85,85	100,00	33,19	61,25	158,58	438,45	38,75	66,81	50,67	88,29
DEPASA	15,30	34,48	54,98	76,73	145,32	185,37	57,43	82,90	54,98	74,44	827,47	1714,51	25,56	45,02	42,22	61,51
CAEMA	8,62	14,01	51,13	68,52	128,43	254,99	68,90	72,86	36,59	65,04	594,92	1011,05	34,96	63,41	44,84	49,35
CAERD	24,58	39,69	51,50	68,41	115,17	170,94	43,51	51,18	54,42	71,98	702,74	1147,45	28,02	45,58	32,58	38,83
CAESA	0,10	10,95	63,32	76,54	135,93	198,50	35,46	40,44	66,19	78,20	1582,75	2756,19	21,80	33,81	32,86	37,07
COSAMA	1,44	8,95	71,71	79,88	68,44	163,69	55,56	76,44	55,27	79,88	908,03	1596,35	20,12	44,73	30,60	44,54

Etapa 2. Matriz *crispy* final.

Nesta etapa, foi feita a transformação do número cinza em um número branco, seguindo os três passos que foram descritos na seção anterior. A Matriz *crispy* final está em Apêndice A.

Etapa 3. Ponderação da matriz *crispy*.

Na etapa 3, foi feita a ponderação da matriz. Para isso, foi multiplicado o valor do critério normalizado com seu respectivo peso. A Tabela está em Apêndice B.

Etapa 4. Soluções ideais (ideal inferior e ideal superior).

Nesta etapa, foi feita a análise de cada critério. Através desta análise, foi possível determinar qual seria a sua solução ideal, correspondendo a ideal inferior e ideal superior, em seu conjunto de atributos. A Tabela com o resultado está em Apêndice C.

Etapa 5. Cálculo das distâncias.

Nesta etapa, foi realizado o cálculo das distâncias, considerando a raiz quadrada do somatório da subtração do valor do critério ponderado menos o valor da solução ideal da respectiva distância, elevado ao quadrado. Sendo assim, os valores dos cálculos de distâncias inferior e superior, respectivamente, estão apresentadas na Tabela 9, a seguir.

Tabela 9 – Cálculo das distâncias (operacional).

	Y_i^-	Y_i^*
CASAL	0,171	0,147
CAER	0,183	0,158
SANEAGO	0,241	0,098
CAESB	0,247	0,101
SABESP	0,236	0,094
SANEPAR	0,239	0,088
CEDAE	0,184	0,150
SANEATINS	0,235	0,088
COPANOR	0,218	0,180
CESAN	0,216	0,104
CAGEPA	0,221	0,090
CASAN	0,219	0,092
COPASA	0,225	0,093
SANESUL	0,219	0,093
DESO	0,209	0,095
EMBASA	0,219	0,089
COSANPA	0,148	0,161
CORSAN	0,215	0,101
CAGECE	0,200	0,102
AGESPISA	0,190	0,111
COMPESA	0,205	0,097
CAERN	0,200	0,106
ATS	0,221	0,087
DEPASA	0,139	0,174
CAEMA	0,137	0,168
CAERD	0,136	0,176
CAESA	0,105	0,238
COSAMA	0,150	0,201

Etapa 6. Performance global de cada alternativa.

Nesta última etapa, foi feito o cálculo do valor do desempenho global de cada alternativa (companhia). A Tabela com o resultado da performance para cada alternativa está em Apêndice D.

Etapa 7. Ranking.

Para concluir esse resultado e obter uma melhor verificação dos valores, foi feita uma ordenação através do resultado do desempenho global de cada companhia de abastecimento.

A Tabela 10, a seguir, mostra os resultados da classificação de cada prestador de serviço.

Tabela 10 – Classificação das companhias no desempenho operacional.

Ordem	Companhia	Região	Desempenho global
1	SANEPAR	Sul	0,730
2	SANEATINS	Norte	0,727
3	ATS	Norte	0,719
4	SABESP	Sudeste	0,714
5	EMBASA	Nordeste	0,712
6	CAESB	Centro-oeste	0,711
7	SANEAGO	Centro-oeste	0,711
8	CAGEPA	Nordeste	0,710
9	COPASA	Sudeste	0,707
10	CASAN	Sul	0,703
11	SANESUL	Centro-oeste	0,702
12	DESO	Nordeste	0,688
13	CORSAN	Sul	0,681
14	COMPESA	Nordeste	0,679
15	CESAN	Sudeste	0,673
16	CAGECE	Nordeste	0,662
17	CAERN	Nordeste	0,654
18	AGESPISA	Nordeste	0,631
19	CEDAE	Sudeste	0,551
20	COPANOR	Sudeste	0,548
21	CASAL	Nordeste	0,538
22	CAER	Norte	0,538
23	COSANPA	Norte	0,479
24	CAEMA	Nordeste	0,449
25	DEPASA	Norte	0,445
26	CAERD	Norte	0,436
27	COSAMA	Norte	0,427
28	CAESA	Norte	0,306

- Indicadores econômico-financeiros e administrativos

Tabela 11 – Critérios, direção e pesos para o desempenho econômico-financeiro e administrativo.

Critérios	Indicadores econômico-financeiros e administrativos		Direção	Pesos
C1	IN003	Despesa total com os serviços por m ³ faturado (R\$/m ³)	Min	0,143
C2	IN004	Tarifa média praticada (R\$/m ³)	Min	0,143
C3	IN005	Tarifa média de água (R\$/m ³)	Min	0,143
C4	IN012	Indicador de desempenho financeiro (%)	Max	0,143
C5	IN026	Despesa de exploração por m ³ faturado (R\$/m ³)	Min	0,143
C6	IN029	Índice de evasão de receitas (%)	Min	0,143
C7	IN060	Índice de despesas por consumo de energia elétrica nos sistemas de água e esgotos (R\$/m ³)	Min	0,143
				1

Etapa 1. Matriz de avaliação Grey.

Tabela 12 – Matriz de avaliação Grey (econômico-financeiro e administrativo).

	C1_	C1'	C2_	C2'	C3_	C3'	C4_	C4'	C5_	C5'	C6_	C6'	C7_	C7'
CASAL	2,74	6,70	2,11	6,27	2,05	20,09	67,50	118,40	1,85	4,83	-53,08	22,60	0,24	0,57
CAER	3,14	7,23	1,99	3,18	2,02	3,32	42,36	72,30	2,27	4,34	-0,37	26,32	0,17	0,68
SANEAGO	3,31	5,55	3,15	5,80	3,64	6,14	68,26	112,17	2,27	4,42	-5,96	5,10	0,31	0,69
CAESB	3,52	6,50	3,44	6,21	3,50	6,33	81,67	100,10	3,07	5,27	2,15	9,69	0,18	0,56
SABESP	2,06	3,70	2,42	4,12	2,57	4,06	96,74	124,29	1,43	2,36	-6,89	9,87	0,24	0,53
SANEPAR	1,58	4,98	2,43	5,92	2,66	6,60	106,71	154,10	1,05	3,26	-0,73	4,60	0,26	0,78
CEDAE	2,56	4,88	3,18	5,84	3,24	6,54	113,45	140,04	1,27	3,28	2,49	25,40	0,19	0,90
SANEATINS	1,51	5,82	2,87	5,60	2,90	5,83	75,96	205,08	0,65	3,62	-1,45	9,65	0,33	0,79
COPANOR	1,18	5,05	1,24	3,13	1,42	3,48	44,41	104,60	0,90	3,72	1,64	32,95	0,49	0,81
CESAN	1,87	3,40	2,18	4,00	2,31	4,11	116,80	131,49	1,48	2,75	2,45	8,57	0,29	0,78
CAGEPA	2,91	4,54	2,59	4,84	2,71	5,20	85,19	107,94	2,10	3,87	5,48	28,30	0,19	0,53
CASAN	3,27	7,04	3,32	7,52	3,51	8,57	87,26	106,83	2,62	5,32	3,12	4,64	0,27	0,66
COPASA	2,69	5,49	2,80	5,43	3,07	5,91	93,21	123,02	1,75	3,07	-13,23	7,08	0,26	0,59
SANESUL	2,51	4,62	2,80	4,99	3,02	5,93	102,22	112,31	2,12	3,82	0,32	5,65	0,31	0,72
DESO	3,52	5,57	3,25	5,27	3,41	5,51	90,06	95,26	2,87	5,06	3,04	10,40	0,18	0,45
EMBASA	2,76	5,30	2,71	5,38	2,91	5,83	91,98	110,09	2,11	4,07	6,96	14,17	0,19	0,43
COSANPA	3,58	6,64	1,96	3,76	1,95	3,94	44,17	57,37	2,33	4,41	23,17	33,30	0,23	0,57
CORSAN	5,14	9,10	5,18	9,24	5,49	10,56	88,70	114,68	4,27	7,30	-0,20	7,91	0,28	0,76
CAGECE	1,80	4,22	2,08	4,54	2,03	4,44	70,17	115,40	1,44	3,52	-4,00	5,95	0,27	0,56
AGESPISA	2,88	7,70	2,59	4,19	2,63	4,27	48,80	92,70	2,50	5,57	-6,68	9,90	0,27	0,77
COMPESA	2,70	3,92	2,68	4,31	2,63	4,47	98,80	110,04	2,35	3,50	7,39	11,13	0,19	0,51
CAERN	2,48	4,22	2,62	4,52	2,75	5,01	96,93	108,26	2,08	3,68	4,86	10,49	0,24	0,56
ATS	0,89	4,12	2,82	5,08	2,82	5,08	96,73	344,69	0,89	3,98	-34,01	80,29	0,41	0,79
DEPASA	1,77	6,70	1,66	2,88	1,65	3,11	43,00	104,09	1,71	4,77	38,80	59,03	0,31	0,56
CAEMA	0,89	5,40	1,44	4,34	1,29	4,10	79,21	162,30	0,86	3,99	27,70	39,60	0,31	0,70
CAERD	5,13	7,70	3,73	4,80	3,81	4,87	58,00	85,97	3,82	7,39	6,80	19,02	0,28	0,54
CAESA	3,01	8,85	1,90	3,05	1,78	2,88	28,24	84,57	2,08	3,29	39,90	59,87	0,23	0,63
COSAMA	4,70	6,14	1,07	2,40	1,07	2,40	18,24	45,17	3,94	5,58	16,22	91,63	0,20	0,55

*Etapa 2. Matriz *crispy* final.*

A Tabela com o resultado está em Apêndice E.

*Etapa 3. Ponderação da matriz *crispy*.*

A Tabela com o resultado está em Apêndice F.

Etapa 4. Soluções ideais (ideal inferior e ideal superior).

A Tabela com o resultado está em Apêndice G.

Etapa 5. Cálculo das distâncias.

Tabela 13 – Cálculo das distâncias (econômico-financeiro e administrativo).

	Y_i^-	Y_i^*
CASAL	0,139	0,113
CAER	0,143	0,108
SANEAGO	0,118	0,110
CAESB	0,116	0,119
SABESP	0,159	0,077
SANEPAR	0,152	0,087
CEDAE	0,139	0,094
SANEATINS	0,151	0,091
COPANOR	0,169	0,110
CESAN	0,156	0,084
CAGEPA	0,144	0,093
CASAN	0,100	0,126
COPASA	0,142	0,087
SANESUL	0,134	0,097
DESO	0,127	0,109
EMBASA	0,141	0,096
COSANPA	0,138	0,116
CORSAN	0,058	0,186
CAGECE	0,158	0,086
AGESPISA	0,121	0,117
COMPESA	0,146	0,092
CAERN	0,144	0,090
ATS	0,177	0,077
DEPASA	0,149	0,112
CAEMA	0,169	0,089
CAERD	0,095	0,152
CAESA	0,139	0,129
COSAMA	0,142	0,145

Etapa 6. Performance global de cada alternativa.

A Tabela com o resultado está em Apêndice H.

Etapa 7. Ranking.

Tabela 14 – Classificação das companhias no desempenho econômico-financeiro e administrativo.

Ordem	Companhia	Região	Desempenho global
1	ATS	Norte	0,696
2	SABESP	Sudeste	0,674
3	CAEMA	Nordeste	0,655
4	CESAN	Sudeste	0,650
5	CAGECE	Nordeste	0,648
6	SANEPAR	Sul	0,637
7	SANEATINS	Norte	0,624
8	COPASA	Sudeste	0,619
9	CAERN	Nordeste	0,615
10	COMPESA	Nordeste	0,613
11	CAGEPA	Nordeste	0,608
12	COPANOR	Sudeste	0,607
13	CEDAE	Sudeste	0,595
14	EMBASA	Nordeste	0,595
15	SANESUL	Centro-oeste	0,581
16	DEPASA	Norte	0,570
17	CAER	Norte	0,569
18	CASAL	Nordeste	0,552
19	COSANPA	Norte	0,544
20	DESO	Nordeste	0,537
21	CAESA	Norte	0,518
22	SANEAGO	Centro-oeste	0,516
23	AGESPISA	Nordeste	0,507
24	COSAMA	Norte	0,496
25	CAESB	Centro-oeste	0,494
26	CASAN	Sul	0,443
27	CAERD	Norte	0,384
28	CORSAN	Sul	0,238

- Indicadores de qualidade

Tabela 15 – Critérios, direção e pesos para o desempenho de qualidade.

Critérios	Indicadores de qualidade		Direção	Pesos
C1	IN075	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (%)	Min	0,167
C2	IN076	Incidência das análises de turbidez fora do padrão (%)	Min	0,167
C3	IN079	Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual (%)	Max	0,167
C4	IN080	Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez (%)	Max	0,167
C5	IN084	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (%)	Min	0,167
C6	IN085	Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais (%)	Max	0,167

1

Etapa 1. Matriz de avaliação Grey.

Tabela 16 – Matriz de avaliação Grey (de qualidade).

	C1_	C1'	C2_	C2'	C3_	C3'	C4_	C4'	C5_	C5'	C6_	C6'
CASAL	22,15	33,34	6,66	9,60	35,91	97,28	35,91	97,28	6,23	9,24	78,36	94,83
SANEAGO	5,31	5,31	4,46	4,46	89,38	89,38	89,41	89,41	1,15	1,15	90,16	90,16
CAESB	0,39	0,63	4,01	10,57	151,28	226,30	150,86	218,21	0,90	2,64	103,33	132,22
SABESP	0,42	0,42	0,66	0,66	105,07	105,07	104,79	104,79	0,57	0,57	104,65	104,65
CEDAE	0,24	1,39	5,65	40,04	80,96	94,09	57,04	65,03	2,87	4,43	95,29	100,67
COPANOR	0,15	1,40	0,50	12,61	35,26	100,78	29,66	101,90	0,03	1,03	37,51	116,71
CAGEPA	17,08	17,40	4,68	8,89	116,25	163,83	82,99	158,11	4,36	4,51	86,27	89,87
CASAN	0,69	0,69	1,35	4,32	98,29	98,29	92,11	92,11	2,07	2,07	103,11	103,11
COPASA	0,46	0,46	3,77	3,77	94,78	94,78	93,63	93,63	0,66	0,66	109,36	119,70
DESO	7,48	7,48	20,14	20,14	130,32	130,32	130,32	130,32	3,33	3,33	130,32	130,32
COSANPA	16,35	45,09	9,12	18,08	2,55	100,00	2,93	100,00	3,95	23,52	4,06	100,00
CAGECE	0,06	0,06	42,01	42,01	124,80	124,80	310,78	310,78	4,05	4,05	108,99	108,99
AGESPISA	0,92	7,17	1,44	9,91	47,18	61,20	46,90	61,20	3,50	7,82	46,69	61,20
ATS	0,00	0,03	0,03	0,08	100,00	111,67	100,00	109,14	0,10	4,14	89,34	131,59
CAEMA	8,57	76,05	2,40	80,07	31,62	91,71	70,15	100,12	9,01	77,36	67,57	91,52
CAESA	2,58	12,11	21,43	81,89	1,79	9,92	2,01	9,91	27,85	55,43	0,00	5,64
COSAMA	0,00	0,16	0,15	10,59	36,68	106,34	37,24	107,86	0,00	0,12	32,75	94,02

As tabelas das *Etapas 2, 3 e 4*, estão em Apêndice I, J e K, respectivamente, enquanto a *Etapa 6* está em Apêndice L.

Etapa 5. Cálculo das distâncias.

Tabela 17 – Cálculo das distâncias (de qualidade).

Companhia	Y_i^-	Y_i^*
CASAL	0,179	0,193
SANEAGO	0,213	0,153
CAESB	0,291	0,065
SABESP	0,236	0,135
CEDAE	0,207	0,167
COPANOR	0,206	0,187
CAGEPA	0,218	0,131
CASAN	0,230	0,143
COPASA	0,239	0,141
DESO	0,240	0,119
COSANPA	0,139	0,234
CAGECE	0,264	0,108
AGESPISA	0,186	0,202
ATS	0,249	0,132
CAEMA	0,115	0,240
CAESA	0,089	0,307
COSAMA	0,198	0,191

Etapa 7. Ranking.

Tabela 18 – Classificação das companhias no desempenho de qualidade.

Ordem	Companhia	Região	Desempenho global
1	CAESB	Centro-oeste	0,818
2	CAGECE	Nordeste	0,710
3	DESO	Nordeste	0,669
4	ATS	Norte	0,653
5	SABESP	Sudeste	0,637
6	COPASA	Sudeste	0,629
7	CAGEPA	Nordeste	0,624
8	CASAN	Sul	0,616
9	SANEAGO	Centro-oeste	0,582
10	CEDAE	Sudeste	0,553
11	COPANOR	Sudeste	0,525
12	COSAMA	Norte	0,510
13	CASAL	Nordeste	0,482
14	AGESPISA	Nordeste	0,480
15	COSANPA	Norte	0,372
16	CAEMA	Nordeste	0,325
17	CAESA	Norte	0,224

4.2 Discussão dos resultados

Esta aplicação mostra a situação dos melhores prestadores de serviço de acordo com a sua categoria, avaliando-os em 21 critérios relacionados ao abastecimento de água, os quais envolvem desde índices e incidências até despesas e tarifas.

Nos indicadores operacionais e econômico-financeiros e administrativos foi possível fazer a avaliação de todas as companhias analisadas, que são as 28 companhias regionais. Mas com relação aos indicadores de qualidade, foi possível avaliar apenas 17 companhias por falta de dados no banco do SNIS, ou seja, dentro de 10 anos, houve prestador de serviço que não apresentou nenhum dado, pois as informações são fornecidas pelos prestadores de serviços através da internet, em formulário disponibilizado.

No entanto, essa falta de dados também está presente dentro de algumas dessas 17 companhias avaliadas na dimensão de qualidade. Por isso, foi utilizado o mesmo valor tanto para valor mínimo quanto para o valor máximo na matriz de avaliação presente na Etapa 1 dos cálculos. A falta de dados é um ponto positivo para o método escolhido, já que o método Grey trabalha com número em uma posição parcialmente desconhecida dentro de um limite claro, com limites inferior e superior.

O método TOPSIS, em seus cálculos, realiza uma combinação entre as distâncias em busca da melhor solução, como foi mencionado na apresentação do método. Por essa razão, a ordenação obtida é produzida a partir de uma análise, tanto das compensações positivas que uma alternativa apresenta em determinado critério, como também as compensações negativas que a mesma alternativa apresenta em outro critério, realizando assim, um balanço entre os critérios e possibilitando assim chegar ao resultado.

Diante disso, destaca-se também a escolha da análise por perspectiva realizada na pesquisa. Já que possuem companhias que estão bem apresentadas no ranking do critério operacional, por exemplo, enquanto são insuficientes ou até mesmo nem aparecem no ranking dos outros critérios.

Essa pesquisa precisava de um método que conseguisse desempenhar um resultado satisfatório quando trabalhasse com dados imprecisos e faltantes, além de retornar uma ordenação segura das alternativas estudadas.

Por isso, foi priorizado escolher um método simples e de fácil compreensão para se trabalhar. Outro método existente até poderia apresentar a mesma performance do escolhido para a pesquisa, mas a vantagem do Grey-TOPSIS é que é possível trabalhar de maneira simples e rápida, e no caso da pesquisa, os resultados foram desenvolvidos através do software Excel. Esse ponto acaba sobressaindo-o dos demais.

Ainda, pode-se averiguar alguns exemplos positivos da utilização do método híbrido Grey-TOPSIS através dos diversos estudos que abordaram o método, apresentados na Tabela 5.

Esses estudos mostraram, em sua maioria, que o método foi utilizado visando ajudar na incompletude e repetição dos dados, bem como calcular e certificar a análise de peso e a classificação dos índices através da identificação da ordem de preferência, ou seja, a ordenação final.

De maneira geral, esses estudos apresentados na Tabela 5 pretendem, com o método Grey-TOPSIS, ajudar na tomada de decisões em problemas reais, provando ser eficiente em diversas áreas de pesquisa, que nesse caso, todas apresentadas na tabela foram de áreas diferentes.

Agora avaliando e discutindo os pódios que foram apresentados nos resultados, temos:

Para os indicadores operacionais, as três primeiras companhias da classificação para essa dimensão foram: SANEPAR, SANEATINS e ATS, respectivamente.

A SANEPAR, por exemplo, possui vários prêmios e certificações, que não só confirmam a excelência do seu trabalho, mas que também explica o motivo de estar em primeiro lugar no *ranking* do desempenho global. A SANEPAR foi a primeira companhia de saneamento latino-americana a ter o certificado de qualidade ISO 9002 e de qualidade ambiental ISO 14001, que são mantidos até hoje. A SANEPAR também recebeu alguns prêmios, como por exemplo, “Destaque indicadores Setor do Saneamento” (melhor desempenho nos critérios de avaliação definidos pelo governo federal), “Ranking top 5 Saneamento” (ficou entre as cinco melhores corporações na categoria de saneamento), “Prêmio Campeãs da Inovação do Sul” (destaque por promover a universalização do saneamento básico no estado, garantindo água tratada de qualidade a 100% da população atendida), “500 maiores

do Sul” (líder do setor de serviços públicos) e “Prêmio Sesi ODS” (por iniciativa de desenvolvimento sustentável). Todos esses prêmios foram conquistados apenas no ano de 2021.

Agora, fazendo a avaliação da posição dessas três primeiras prestadoras de serviços no ranking dos outros indicadores. Sendo assim, elas se encontram da seguinte maneira:

A SANEPAR está em 6º lugar no ranking dos indicadores operacionais, o que significa que ela está entre os 25% melhores do ranking. Nos indicadores de qualidade, ela não aparece no ranking, pois a SANEPAR não disponibilizou dados para esse indicador para que fosse possível a avaliação. Sendo assim, neste quesito, requer muita atenção.

A SANEATINS está em 7º lugar no ranking dos indicadores operacionais, então, ela também está entre as 25% melhores do ranking, isso indica uma performance muito boa. Em qualidade, ela também não disponibilizou dados para que fosse possível avaliá-la, conseqüentemente, não está apresentada no ranking dos resultados.

A ATS está em 1º lugar no ranking dos indicadores operacionais, considerada a melhor entre as prestadoras avaliadas. Em qualidade, ela se encontra com um desempenho muito bom, em 4º lugar no ranking.

Para os indicadores econômico-financeiros e administrativos, as três primeiras companhias dessa classificação foram: ATS, SABESP e CAEMA, respectivamente.

No dia 27 de abril de 2023, a CAEMA recebeu premiação na última edição do “*Utilities Summit* de 2023”, realizado em São Paulo, por desenvolver uma ferramenta tecnológica de georreferenciamento, chamada CaemaGeo, tornando mais eficiente a prestação de serviços a população e potencializando os ganhos significativos na gestão da empresa com as mais diversas soluções para melhorar a qualidade dos projetos. A ferramenta tem como objetivo, ser aplicada em áreas como, monitoramento dos níveis de reservatório, monitoramentos comerciais, ordens de serviços, melhoria dos indicadores, redução da perda de água, entre outros ganhos de faturamento. O engenheiro e o gerente da CAEMA, apresentaram a criação intitulado “Uso do GIS Corporativo CaemaGeo frente aos desafios do Marco Legal do Saneamento”.

Avaliando as três primeiras prestadoras de serviços nos outros indicadores, estas se encontram da seguinte forma:

A ATS, como já foi avaliada acima, ela se encontra em 3º, 1º e 4º lugar, nos indicadores operacionais, econômico-financeiros e administrativos e de qualidade, respectivamente, o que a torna uma prestadora de serviço com um desempenho muito bom.

A SABESP aparece em 4º lugar no ranking dos indicadores operacionais, sendo considerada uma das prestadoras muito boas, por fazer parte das 25% melhores do ranking. Em qualidade, das 17 prestadoras, ela está em 5º. Dessa forma, ela está entre as 50% melhores, com uma performance boa. Sendo assim, sugere-se manutenção para melhorias.

A CAEMA, nos indicadores operacionais, está em 24º lugar, dentre as 28 prestadoras de serviço. E nos indicadores de qualidade, está em 16º lugar, dentre as 17. Isso significa que ela está com um desempenho ruim nestes dois indicadores e por isso, precisa ter muita atenção para futuras melhorias.

Para o indicador de qualidade, as três primeiras companhias da classificação foram: CAESB, CAGECE e DESO, respectivamente.

A CAGECE, por exemplo, possui seis ETAs com certificação ISO 9001, que assegura a qualidade dos produtos e serviços que são prestados pela companhia. Ainda, o laboratório central e o laboratório de hidrometria, onde são realizadas as análises de qualidade da água distribuída, receberam a certificação ISO 9001, no ano de 2005 e 2006, respectivamente; e receberam a Acreditação ISO/IEC 17025 da Cgcre/Inmetro, no ano de 2019 e 2015, respectivamente. Assim como também, a CAGECE possui 16 lojas de atendimento em todo o estado que possuem certificação ISO 9001.

E a Unidade de Negócio Metropolitana Leste (UNMTL) da CAGECE, participou e foi reconhecida em diversas premiações externas, tais como, o PNQS (Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento), e internas como o Troféu Areté. E em 2019, recebeu a certificação ISO 9001.

Avaliando estas três prestadoras de serviços nos outros indicadores:

A CAESB está em 6º lugar no ranking dos indicadores operacionais, isso significa que ela é uma prestadora de serviço muito boa, por estar entre as 25% melhores. Já nos indicadores econômico-financeiros e administrativos, ela está com

um desempenho ruim, pois se encontra em 25º lugar do ranking. Logo, se está com uma performance ruim, sugere-se atenção.

A CAGECE, no ranking dos indicadores operacionais, se encontra em 16º lugar. Sendo assim, considerada com uma performance ruim e requer maior atenção. Já no ranking dos indicadores econômico-financeiros e operacionais, ela se encontra em 5º lugar, considerada com uma performance muito boa.

A DESO está em 12º lugar no ranking dos indicadores operacionais, o que significa que ela está entre as 50% melhores, sendo considerada com um desempenho bom para esse indicador. E está em 20º lugar nos indicadores econômico-financeiros e administrativos, considerada com uma performance ruim, logo requer atenção.

Sendo assim, conclui-se que, faz sentido essas empresas que estão no pódio, entre as três melhores na classificação dos prestadores de serviço regionais, estarem lá, pois cada uma em seus respectivos indicadores, por mais que não apresentem o mesmo desempenho em outro indicador, são as mais premiadas nesses setores. Esses resultados justificam a validação e comprovação do método utilizado.

4.3 Análise de robustez dos resultados

A robustez dos resultados foi obtida através de uma análise de sensibilidade realizada em duas etapas. A primeira etapa foi realizada alterando os pesos em mais ou menos 5% (-5% ou +5%) e os resultados foram obtidos para cada situação. E a segunda etapa foi realizada considerando a exclusão de cada critério por vez e os resultados também foram obtidos.

Primeira etapa – mudança de pesos

- Dimensão – Indicadores operacionais

Cada peso dessa dimensão possui o valor de 0,125. Conseqüentemente, para todos os critérios, o valor dos novos pesos para -5% será de 0,11875 para o critério analisado e 0,12589 para os demais e para +5% será de 0,13125 e 0,12411, e a soma total dos pesos deverá ser 1. O resultado dessa etapa está apresentado na Tabela 19, abaixo.

Tabela 19 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores operacionais.

Ranking original	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%
SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS
ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	SABESP	ATS	ATS	ATS
SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	EMBASA	SABESP	ATS	SABESP	SABESP						
EMBASA	EMBASA	CAESB	EMBASA	EMBASA	CAESB	SABESP	EMBASA	EMBASA	EMBASA	CAESB	EMBASA	EMBASA	CAESB	EMBASA	EMBASA	CAESB
CAESB	CAGEPA	SANEAGO	CAESB	CAESB	EMBASA	CAGEPA	CAESB	CAESB	CAGEPA	SANEAGO	CAESB	CAESB	SANEAGO	CAGEPA	CAGEPA	EMBASA
SANEAGO	CAESB	EMBASA	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	CAGEPA	CAESB	EMBASA	SANEAGO	SANEAGO	EMBASA	CAESB	SANEAGO	SANEAGO
CAGEPA	SANEAGO	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAESB	CAGEPA	SANEAGO	SANEAGO	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	SANEAGO	CAESB	CAGEPA
COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA
CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN
SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO
CORSAN	COMPESA	CORSAN	COMPESA	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	COMPESA	CORSAN	CORSAN						
COMPESA	CORSAN	COMPESA	CORSAN	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	CORSAN	COMPESA	COMPESA						
CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN
AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA
CEDAE	CEDAE	COPANOR	CEDAE	COPANOR	CEDAE	COPANOR	COPANOR	CEDAE	COPANOR	CEDAE						
COPANOR	COPANOR	CEDAE	COPANOR	CEDAE	COPANOR	CEDAE	CEDAE	CAER	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	CEDAE	COPANOR
CASAL	CAER	CASAL	CAER	CASAL	CAER	CASAL	CASAL	COPANOR	CAER	CASAL	CAER	CASAL	CASAL	CAER	CASAL	CAER
CAER	CASAL	CAER	CASAL	CAER	CASAL	CAER	CAER	CASAL	CASAL	CAER	CASAL	CAER	CAER	CASAL	CAER	CASAL
COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA
CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA
DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA	DEPASA
CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD
COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA
CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA
Resultados	7	5	2	2	4	6	2	5	7	3	2	0	5	7	4	4

Neste caso, para essa dimensão, pode ser concluído que não houve mudanças consideráveis nos resultados para o ranking original, já que, no pior dos casos houve três mudanças de apenas 25% do ranking, o equivalente a 7 mudanças, e em um dos casos, o ranking permanece o mesmo.

- Dimensão – Indicadores econômico-financeiros e administrativos

Cada peso dessa dimensão possui o valor de 0,143. Dessa maneira, para todos os critérios, o valor dos novos pesos para -5% será de 0,136 e 0,144 para os demais e para +5% será de 0,15 e 0,14167 para os demais. A Tabela 20, a seguir, mostra os resultados para cada valor alterado.

Tabela 20 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores econômico-financeiros e administrativos.

Ranking original	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%
ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS
SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP
CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA
CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CAGECE	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	CAGECE
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CESAN	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CESAN
SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR
SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS
COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA
CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN
COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COMPESA	COPANOR	COMPESA
CAGEPA	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	COMPESA	CAGEPA
COPANOR	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	COPANOR	CAGEPA	COPANOR	CAGEPA	CAGEPA	COPANOR
CEDAE	EMBASA	CEDAE	CEDAE	EMBASA	CEDAE	EMBASA	EMBASA	CEDAE	EMBASA	CEDAE	EMBASA	CEDAE	CEDAE	EMBASA
EMBASA	CEDAE	EMBASA	EMBASA	CEDAE	EMBASA	CEDAE	CEDAE	EMBASA	CEDAE	EMBASA	CEDAE	EMBASA	EMBASA	CEDAE
SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL	SANESUL
DEPASA	CAER	DEPASA	CAER	DEPASA	CAER									
CAER	DEPASA	CAER	DEPASA	CAER	DEPASA									
CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	COSANPA	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	COSANPA	CASAL	CASAL	CASAL
COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	CASAL	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	CASAL	COSANPA	COSANPA	COSANPA
DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO
CAESA	CAESA	SANEAGO	SANEAGO	CAESA	SANEAGO	CAESA	CAESA							
SANEAGO	SANEAGO	CAESA	CAESA	SANEAGO	CAESA	SANEAGO	SANEAGO							
AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA
COSAMA	COSAMA	COSAMA	CAESB	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	CAESB	COSAMA	COSAMA	COSAMA	CAESB	COSAMA	COSAMA
CAESB	CAESB	CAESB	COSAMA	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	COSAMA	CAESB	CAESB	CAESB	COSAMA	CAESB	CAESB
CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN
CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD
CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN
Resultados	4	4	4	4	0	4	6	2	2	2	4	8	3	6

Aqui, na Tabela 20, também pode ser concluído que não houve mudanças consideráveis nos resultados. Houve apenas uma mudança de 28,57%, o equivalente a 8 mudanças, enquanto também que em um dos casos, o ranking permanece.

- Dimensão – Indicadores de qualidade

Cada peso dessa dimensão possui o valor de 0,167. Como resultado, para todos os critérios, o valor dos novos pesos para -5% será de 0,15833 e 0,16833 para os demais e para +5% será de 0,175 e 0,165 para os demais, conforme a Tabela 21, a seguir.

Tabela 21 – Análise de sensibilidade na mudança dos pesos para -5% e +5% nos critérios para a dimensão dos indicadores de qualidade.

Ranking original	C1		C2		C3		C4		C5		C6	
	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%	-5%	5%
CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO	DESO
ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS	ATS
SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	SABESP
COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	CAGEPA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA	COPASA
CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	COPASA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA	CAGEPA
CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN
SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO
CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE
COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR
COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA
CASAL	CASAL	AGESPISA	CASAL	CASAL	AGESPISA							
AGESPISA	AGESPISA	CASAL	AGESPISA	CASAL	AGESPISA							
COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA	COSANPA
CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA	CAEMA
CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA
Resultados	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0

Para essa dimensão dos indicadores de qualidade, também pode ser considerado que não houve mudanças consideráveis nos resultados obtidos nas mudanças dos pesos. Nesta análise, houve apenas três mudanças de 11,76%, o equivalente a apenas 2 mudanças do ranking, enquanto todos os outros casos, não tiveram nenhuma mudança.

Segunda etapa – exclusão de cada critério

- Dimensão – Indicadores operacionais

Nesta segunda etapa, tem-se a ideia de verificação da importância de cada critério para a análise da pesquisa. Ao excluir um dos critérios e redistribuir os pesos para os demais critérios, será possível avaliar o grau de relevância de cada um deles, separadamente. Sendo assim, neste caso, o valor do peso de cada critério de 0,125 passa a ser de aproximadamente 0,143, ao excluir os critérios para essa primeira análise.

Tabela 22 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a dimensão dos indicadores operacionais.

Ranking original	Critério excluído							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
SANEPAR	ATS	SANEPAR	SANEPAR	SANEPAR	ATS	SANEPAR	SANEAGO	ATS
SANEATINS	SANEPAR	SANEATINS	SABESP	SANEATINS	SANEPAR	SANEATINS	SANEATINS	SANEATINS
ATS	SANEATINS	ATS	SANEATINS	ATS	DESO	SABESP	CAESB	SANEPAR
SABESP	EMBASA	COPASA	CAESB	SABESP	SANEATINS	ATS	SANEPAR	EMBASA
EMBASA	CAGEPA	EMBASA	SANEAGO	CAESB	EMBASA	CAESB	SABESP	CAGEPA
CAESB	SABESP	SANEAGO	COPASA	SANEAGO	COMPESA	EMBASA	CAGEPA	COPASA
SANEAGO	DESO	CAGEPA	SANESUL	CAGEPA	CAGEPA	SANEAGO	COPASA	SANESUL
CAGEPA	CASAN	DESO	CESAN	EMBASA	SABESP	CAGEPA	EMBASA	SANEAGO
COPASA	COMPESA	SABESP	CASAN	COPASA	SANESUL	COPASA	CASAN	SABESP
CASAN	SANEAGO	CAESB	EMBASA	CASAN	COPASA	CASAN	SANESUL	CAESB
SANESUL	CAESB	CASAN	CAGEPA	SANESUL	CASAN	SANESUL	ATS	CASAN
DESO	COPASA	SANESUL	ATS	DESO	CAESB	DESO	CORSAN	CAGECE
CORSAN	SANESUL	CORSAN	CORSAN	CAGECE	SANEAGO	CORSAN	CESAN	CORSAN
COMPESA	CAERN	COMPESA	DESO	CORSAN	CAERN	COMPESA	CAGECE	DESO
CESAN	CORSAN	CAERN	COMPESA	COMPESA	CORSAN	CESAN	DESO	COMPESA
CAGECE	CESAN	CESAN	CAGECE	CESAN	CESAN	CAGECE	COMPESA	CESAN
CAERN	CAGECE	CAGECE	CAERN	CAERN	CAGECE	CAERN	CAERN	AGESPISA
AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	CAERN
CEDAE	CEDAE	CAER	CEDAE	COPANOR	CAER	CAER	COPANOR	COPANOR
COPANOR	CAER	CEDAE	CAER	CASAL	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CASAL
CASAL	CASAL	CASAL	COPANOR	CEDAE	COPANOR	COPANOR	CASAL	COSANPA
CAER	COPANOR	COPANOR	CASAL	COSANPA	CASAL	CASAL	CAER	CEDAE
COSANPA	COSANPA	COSANPA	CAEMA	CAER	DEPASA	DEPASA	COSANPA	CAER
CAEMA	CAEMA	DEPASA	COSANPA	CAERD	CAERD	COSANPA	CAEMA	CAERD
DEPASA	COSAMA	CAEMA	DEPASA	CAEMA	COSANPA	COSAMA	DEPASA	CAEMA
CAERD	DEPASA	CAERD	CAERD	DEPASA	COSAMA	CAEMA	CAERD	DEPASA
COSAMA	CAERD	COSAMA	COSAMA	COSAMA	CAEMA	CAERD	COSAMA	COSAMA
CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA
Resultados	22	16	18	16	25	13	17	24

Nessa análise pode-se concluir que todos os critérios analisados são relevantes e importantes para a pesquisa, pois, todos os critérios, quando excluídos, apresentaram mudanças de mais de 46% do ranking, e a maior mudança obteve mais de 89% de diferença no ranking final, com 25 mudanças.

- Dimensão – Indicadores econômico-financeiros e administrativos

Agora, para esta dimensão, o valor do peso de cada critério de aproximadamente 0,143 passa a ser de aproximadamente 0,167, ao excluir os critérios para a análise.

Tabela 23 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a dimensão dos indicadores econômico-financeiros e administrativos.

Ranking original	Critério excluído						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
ATS	ATS	ATS	ATS	SABESP	ATS	CAEMA	ATS
SABESP	SABESP	SABESP	SABESP	CAGECE	SABESP	ATS	CESAN
CAEMA	CESAN	SANEPAR	CAEMA	CAEMA	CAEMA	SABESP	CAEMA
CESAN	CAEMA	SANEATINS	CESAN	CESAN	CESAN	CESAN	SABESP
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	COPANOR	CAGECE	CAGECE	COPANOR
SANEPAR	COPASA	CESAN	SANEPAR	COPASA	COMPESA	SANEPAR	SANEATINS
SANEATINS	SANEPAR	CAEMA	SANEATINS	ATS	CAERN	COMPESA	SANEPAR
COPASA	COMPESA	COPASA	CASAL	SANEPAR	SANEPAR	CAERN	CAGECE
CAERN	CAGEPA	CEDAE	COPASA	CAGEPA	CAGEPA	SANEATINS	CEDAE
COMPESA	CAERN	CAERN	CAERN	CAERN	COPASA	CAGEPA	COPASA
CAGEPA	SANEATINS	COMPESA	COMPESA	COMPESA	EMBASA	EMBASA	CAERN
COPANOR	EMBASA	CAGEPA	CAGEPA	CAER	COPANOR	COPASA	SANESUL
CEDAE	CAER	EMBASA	COPANOR	SANEATINS	SANEATINS	DEPASA	COMPESA
EMBASA	CEDAE	SANESUL	CEDAE	EMBASA	SANESUL	COPANOR	CAGEPA
SANESUL	COPANOR	COPANOR	EMBASA	DEPASA	CAER	CEDAE	EMBASA
DEPASA	SANESUL	CASAL	SANESUL	CEDAE	DEPASA	SANESUL	DEPASA
CAER	COSANPA	DESO	DEPASA	SANESUL	CEDAE	CAER	CAER
CASAL	DEPASA	CAER	CAER	COSANPA	DESO	COSANPA	CASAL
COSANPA	CASAL	DEPASA	DESO	CASAL	CASAL	CAESA	COSANPA
DESO	CAESA	SANEAGO	COSANPA	CAESA	COSANPA	DESO	SANEAGO
CAESA	DESO	CAESB	SANEAGO	DESO	COSAMA	COSAMA	AGESPISA
SANEAGO	AGESPISA	COSANPA	CAESA	AGESPISA	AGESPISA	SANEAGO	CAESA
AGESPISA	COSAMA	CASAN	AGESPISA	SANEAGO	CAESB	AGESPISA	DESO
COSAMA	SANEAGO	CAESA	CAESB	COSAMA	SANEAGO	CAESB	COSAMA
CAESB	CAESB	AGESPISA	COSAMA	CAESB	CAESA	CASAL	CAESB
CASAN	CASAN	COSAMA	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN	CASAN
CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD	CAERD
CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN	CORSAN
Resultados	21	22	17	20	18	18	17

Nessa dimensão, também se valida a relevância e importância de todos os critérios selecionados. Todos os critérios, quando excluídos, apresentaram mudanças de mais de 60% em todos os resultados do ranking. A maior mudança aconteceu ao excluir o critério 2, que obteve uma mudança de 78,57% do ranking original.

- Dimensão – Indicadores de qualidade

Para esta última dimensão, o valor do peso de cada critério que era de aproximadamente 0,167 passa a ser de 0,2 ao excluir os critérios para a análise.

Tabela 24 – Análise de sensibilidade na exclusão dos critérios para a dimensão dos indicadores de qualidade.

Ranking original	Critério excluído					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB	CAESB
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	ATS	CAGECE	CAGECE
DESO	DESO	DESO	ATS	DESO	DESO	CAGEPA
ATS	ATS	ATS	DESO	SABESP	ATS	DESO
SABESP	CAGEPA	SABESP	SABESP	COPASA	SABESP	SABESP
COPASA	SABESP	COPASA	COPASA	CAGEPA	COPASA	ATS
CAGEPA	COPASA	CAGEPA	CASAN	CASAN	CAGEPA	CASAN
CASAN	CASAN	CASAN	SANEAGO	SANEAGO	CASAN	COPASA
SANEAGO	SANEAGO	SANEAGO	CAGEPA	CEDAE	SANEAGO	SANEAGO
CEDAE	CEDAE	CEDAE	CEDAE	CAGECE	CEDAE	COSAMA
COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	COPANOR	CEDAE
COSAMA	CASAL	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COSAMA	COPANOR
CASAL	COSAMA	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	AGESPISA
AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	AGESPISA	CASAL
COSANPA	COSANPA	CAEMA	COSANPA	COSANPA	CAEMA	COSANPA
CAEMA	CAEMA	COSANPA	CAEMA	CAEMA	COSANPA	CAESA
CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAESA	CAEMA
Resultados	5	2	5	8	2	12

Conforme podemos visualizar, há uma discrepância quando relacionamos esta análise com os outros resultados desta segunda etapa, pois há menos mudanças quando se exclui os critérios. Apenas o indicador 4 e 6 apresentou uma mudança significativa para esta análise, com 47,06% e 70,59% de mudança do ranking, respectivamente. Já os indicadores 2 e 5, e 1 e 3, não tiveram uma mudança tão significativa assim para a análise, já que apresentaram 11,76% e 29,41% de mudança no ranking, respectivamente. Lembrando que, a dimensão dos indicadores de qualidade só permitiu avaliar 17 prestadoras de serviço pela falta de dados no banco do SNIS. A redução no número de empresas avaliadas pode ser uma das causas para este resultado.

Por conseguinte, finaliza-se a análise de robustez dos resultados e através dela, pode-se perceber a coerência do uso dos pesos iguais para todos os critérios, pois, todos são importantes para a análise. Distribuindo os pesos para todos os critérios, de acordo com sua dimensão, eles ficaram em torno de 0,15, o que seria considerado um número significativo para cada critério, se tornando importante para a avaliação na mesma intensidade. Caso fosse ser analisado o uso dos pesos diferentes, algum critério deveria ter um peso bem mais elevado e isso influenciaria

na importância dos outros critérios com pesos mais baixos, o que significaria que, esses critérios com peso baixo seriam insignificantes para a análise.

É válido ressaltar a importância dessa análise de robustez em ser dividida em duas etapas. A primeira etapa, para se tornar válida, seria necessário que os rankings ficassem sem muitas mudanças do ranking original, pois o acréscimo e a diminuição de 5% do valor não teriam muita diferença do valor original e a análise foi validada. Assim como também foi validada na segunda etapa, de exclusão dos critérios, já que houve uma mudança significativa em cada um, provando a relevância e importância de todos os critérios para a sua dimensão.

5 CONCLUSÕES

5.1 Impactos no trabalho

Este trabalho apresentou uma aplicação do método Grey-TOPSIS no apoio a tomada de decisão multicritério para a ordenação de prestadores de serviços. Este método se mostrou adequado para modelar critérios quantitativos e qualitativos e para apoiar a tomada de decisão em grupo, além de trazer clareza de informações para o trabalho que tinham dados em situações de incerteza, o que foi o caso da avaliação dos critérios de qualidade.

A análise feita por essa avaliação também apresentou resultados que evidenciam a possibilidade de aplicação desta teoria para a discussão de diversos temas que apresentam números totalmente ou parcialmente desconhecidos, somados a busca da solução ideal.

Após os estudos sobre o método Grey-TOPSIS, pode-se concluir que o modelo proposto para o auxílio na avaliação da qualidade de serviços públicos de fornecimento de água, através das alternativas e dos critérios selecionados, foi eficaz. Pois, além de trabalhar de maneira objetiva com dados imprecisos, os quais são de difícil entendimento para a tomada de decisão, temos como resultado uma ordenação com nível alto de confiança.

Diferentemente de outras técnicas existentes na literatura, o método Grey-TOPSIS apresentou resultados úteis e de simples visualização para auxiliar profissionais e pesquisadores que estão envolvidos com a gestão dos sistemas de abastecimento de água e aplicação de um método adequado aos requisitos deste domínio de problema, além de também ser útil e ajudar na área de tomada de decisão multicritério.

Sendo assim, é de extrema importância entender a necessidade de avaliação de desempenho desses serviços, pois visa o avanço das estruturas legais para o setor, além de combater e controlar diversas questões fundamentais que se tornam um empecilho e em muitos casos, faz com que o prestador de serviço seja desvalorizado.

Por fim, utilizar este método neste setor é uma ferramenta indispensável para a implementação de operações de combate, já que facilita a identificação para melhoria e possibilitam medições precisas, podendo reduzir custos desnecessários e

ampliando o acesso e a informação, já que é um método simples de ser utilizado por qualquer empresa para fazer seu próprio monitoramento de desempenho. Além de se ter a vantagem da abordagem multidimensional nos direcionamentos de melhoria, que foi o caso utilizado nesta pesquisa. Os direcionamentos por dimensão podem ser feitos, pois as empresas conseguem ser avaliadas por dimensões, o que permite uma melhor visualização do que está bom e do que pode melhorar dentro das suas medidas de gestão separadamente, e isso é uma vantagem da proposta da pesquisa.

5.2 Limitações do estudo e propostas para trabalhos futuros

Neste último tópico da pesquisa, pretende-se traçar algumas limitações encontradas ao longo deste estudo, assim como também pretende-se realizar algumas propostas e recomendações para o desenvolvimento de futuras investigações.

A limitação presente na pesquisa, foi com relação a obtenção dos dados para cada critério utilizado, já que em muitos deles os dados eram faltantes, o que fez com que a avaliação do indicador de qualidade fosse menor quando comparada com as outras dimensões. Além da escolha precisa dos critérios que envolvessem o abastecimento de água para que fosse possível a avaliação no maior número de alternativas possíveis.

E, como recomendações para propostas futuras, destaca-se a importância de aumentar a inovação para pesquisas, utilizando outros métodos que possibilitem o desenvolvimento de novos estudos.

Sendo assim, pelas diversas formas de desenvolvimento e maneiras de como as ordenações podem ser alteradas, o método Grey-TOPSIS ainda precisa de muito estudo e aplicação, bem como, modificação. Além do mais, trabalhar com números cinza, ainda é algo bem recente, o que merece uma melhor ênfase para estudos futuros.

Neste estudo, os números cinzas foram transformados em números brancos (*crispy*), então, uma proposta seria refazer os cálculos utilizando os intervalos de máximo e mínimo, para futuras coletas ou para um intervalo de tempo maior, aumentando a capacidade de análise do método, ou seja, substituir os valores unitários por intervalos numéricos.

Também poderia ser desenvolvido um estudo para avaliações de dimensões gerais para as prestadoras de serviço de abastecimento de água, considerando cenários diferentes.

Como também, realizar um estudo mais detalhado, com mais dados e mais indicadores, ou até mesmo, com a utilização de outro método híbrido para fins comparativos.

E, investigar possibilidades de acelerar o processo dessa avaliação.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H. *et al.* **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da Água, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005, 301 p.
- ALEGRE, H. *et al.* **Performance indicators for water supply services**. 3^a ed. London: IWA Publishing, 2017, 370 p.
- AYALA-CABRERA, D. *et al.* **Key performance indicators to enhance water distribution network resilience in three-stages**. *Water Utility Journal*, v. 19, 79-90, ago., 2018.
- BAGHERSAD, M.; WILKINSON, S.; KHATIBI, H. **Comprehensive Indicator Bank for Resilience of Water Supply Systems**. *Hindawi Journals*, Nova Zelândia, v. 2021, 19 p., dez., 2021.
- BANDARI, A.; SADHUKHAN, S. **A review of performance indicators of urban water supply: global and indian scenario**. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4009763>. Índia, 31 p., fev., 2022.
- BATISTA, M. S. **A problemática do abastecimento de água na cidade de Triunfo-PB, no período de 2012-2013**. Monografia (Licenciatura em Geografia), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 2014, 51 p.
- BEZERRA, S. T. M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J. E. S. de. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 249-258, jul./set., 2019.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 21 abr. 2022.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrôpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº

13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 21 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Gestão econômico-financeira no setor de saneamento** – Funasa/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. Ed. – Brasília: Funasa, 2014. 200 p.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-no-2-914-de-12-de-dezembro-de-2011.pdf/view>. Acesso em: 14 mai. 2022.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **CAEMA conquista prêmio no Utilities Summit de 2023**. Disponível em: <https://www.caema.ma.gov.br/index.php/noticias/4088-caema-conquista-premio-no-utilities-summit-de-2023>. Acesso em: 04 mai. 2023.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Prêmios e certificações**. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/quem-somos/premios-e-certificacoes/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

CHALVATZIS, K. J. *et al.* Sustainable resource allocation for power generation: the role of big data in enabling interindustry architectural innovation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 144, p. 381-393, jul., 2019.

CHANG, H. *et al.* Evaluating business model for hotel industry by Grey-TOPSIS. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 14, ed. 12, 12 p., dez., 2021.

CIDADES E ESTADOS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CIRAANE, U. D. *et al.* Performance indicators of water supply network of Goma Township in the Democratic Republic of Congo: a tripartite assessment. **Applied Water Science, Springer**, n. 158, 11 p., mai., 2022.

DAI, B. *et al.* Rock mass classification method based on entropy weight–TOPSIS–grey correlation analysis. **Sustainability**, v. 14, ed. 17, 18 p., ago., 2022.

FALCÓN, V. V. *et al.* Análisis del ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el método TOPSIS. **Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos, Ecuador**, v. 17, n. S3, p. 70-78, dez., 2021.

FENG, Y. *et al.* A novel hybrid fuzzy grey TOPSIS method: supplier evaluation of a collaborative manufacturing enterprise. **Applied Sciences**, v. 9, ed. 18, 25 p., set., 2019.

FREITAS, J. G.; COSTA, H. G. Aplicação do método TOPSIS para casos com múltiplos decisores - o caso da sustentabilidade do lean six sigma. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXVIII, 2018, Maceió/AL. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Maceió: Abepro, 2018, p. 1-17.

GOMES, H. P. *et al.* Efficiency indicator for assessment of water distribution networks carrying capacity. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 19, n. 5, p. 747-753, mai., 2020.

HABI, M.; FECIH, A.; HARROUZ, O. Performance indicators a way of regulation of water distribution services: case unit of the city of tlemcen (Algeria). **International Journal of Engineering Inventions**, Algéria, v. 8, n. 12, p. 23-33, dez., 2019.

HAIDER, H; SADIQ, R; TESFAMARIAM, S. Inter-Utility Performance Benchmarking Model for Small-to-Medium-Sized Water Utilities: Aggregated Performance Indices. American Society of Civil Engineers (ASCE), **Journal of Water Resources Planning and Management**, Canadá, vol. 142, ed. 1, jan., 2016.

HAMDAN, O. H. C. **Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água em minas gerais segundo portes populacionais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG, 2016, 124 p.

HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Assessment of performance indicators for different sizes of water supply systems in Minas Gerais, Brazil. **Environ Monit Assess, Springer**, Belo Horizonte/MG, 20 p., dez., 2021.

HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. **Eng. Sanit. Ambient**, Belo Horizonte, v. 24, n. 6, p. 1183-1194, nov./dez., 2019.

HAMED, M. A. R. Integrated performance evaluation indicators for water supply systems. **Engineering Research Journal**, Egito, v. 174, C22-C37, jun., 2022.

ISMAEEL, M.; ZAYED, T. Integrated Performance Assessment Model for Water Networks. **Journal of Infrastructure Systems**, Canadá, v. 24, n. 2, p. 1-17, jun., 2018.

JUN, H. *et al.* Development of a fuzzy-unction-based performance indicator for water distribution system's emergency condition. **Water**, v. 12, 14 p., ago., 2020.

KAWASE, Y. *et al.* Building a performance indicator to investigate the robustness of water supply utilities in Japan. **Asian J. Management Science and Applications**, Japão, v. 6, n. 2, 85-108, 2021.

LEÃO, C. C. S. *et al.* Seleção de material para ponteiros de bengalas de deficientes visuais com o apoio do método TOPSIS. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, Pará, v. 17, n. 4, 8 p., jan., 2020.

LIN, Y.; LEE, P.; TING, H. *Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations*. **Expert Systems with Applications**, Taiwan, v. 35, ed. 4, p. 1638-1644, nov., 2008.

LIU, D. *et al.* A resilience evaluation method for a combined regional agricultural water and soil resource system based on Weighted Mahalanobis distance and a Gray-TOPSIS model. **Journal os Cleaner Production**, v. 229, p. 667-679, ago., 2019.

LUSHABA, D. A. **Benchmarking and performance indicators in Portugal: A case study of a water supply company**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Superior de Tecnologia e Gestão (Instituto Politécnico de Leiria), Leiria, 74 p., out., 2021.

MALAGA, A.; VINODH, S. *Benchmarking smart manufacturing drivers using Grey TOPSIS and COPRAS-G approaches*. **Benchmarking: An International Journal**, v. 28, n. 10, p. 2916-2951, mar., 2021.

MARENGO, J. A. *et al.*, Varibilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, Campina Grande/PB, p. 383-422, 2011.

MEDEIROS, L. E. L. **Utilização dos indicadores convencionais e de satisfação dos usuários para avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água na cidade de Campina Grande/PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 96 p., mar., 2017.

MEDEIROS, L. E. L. M. *et al.* Avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água em Campina Grande-PB com o uso de indicadores, incluindo o de satisfação dos usuários. **Revista DAE**, São Paulo, v. 68, n. 224, p. 133-150, jul./set., 2020.

MELO, F. L. N. B. *et al.* Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio Grande do Norte, v. 23, n. 4, p. 675-686, jul./ago., 2018.

MENEZES, E. T. N. *et al.* Sistema de armazenamento de água da chuva (cisternas) um estudo com enfoque em documentos de patentes. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, São Cristóvão/SE, vol. 5, n. 2, p. 2113-2120, 2015.

MERGONI, A.; D'INVERNO, G.; CAROSI, L. *A composite indicator for measuring the environmental performance of water, wastewater, and solid waste utilities*. **Utilities Policy**, 13 p. v. 74, fev., 2022.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água – Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade.**

Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2002, 200 p.

MOLINOS-SENANTE, M. *et al.* *Assessing the sustainability of water companies: a synthetic indicator approach.* **Ecological Indicators**, Santiago/Chile, vol. 61, parte 2, p. 577-587, fev., 2016.

MUNDIM, B. C.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Revista DAE**, São Paulo/SP, vol. 68, n. 227, p. 20-34, nov., 2020.

NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro/RJ, vol. 52, n. 4, p. 753-776, jul./ago., 2018.

NYAOGA, R.; MAGUTU, P.; WANG, M. *Application of Grey-TOPSIS approach to evaluate value chain performance of tea processing chains.* **Decision Science Letters**, vol. 5, n. 3, p. 431-446, 2016.

PAINEL DO SETOR SANEAMENTO. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 1 mai. 2023.

PÉREZ, F. *et al.* *Dynamic goal programming synthetic indicator: na application for water companies sustainability assessment.* **Urban Water Journal**, vol. 15, n. 6, p. 592-600, out., 2018.

PHAM, T. T. *Technical performance indicators for small sized water supply networks – case study in dong van city, Vietnam.* **Karlsruhe: KIT-Bibliothek**, fev., 2019, 164 p.

PRAKASH, S. *et al.* *Evaluating approaches using the Grey-TOPSIS for sustainable supply chain collaboration under risk and uncertainty.* **Benchmarking: An International Journal**, jul., 2022.

ROCHA, P. S. **Teoria de sistemas cinzas aplicada ao estudo de variáveis micrometeorológicas em uma região de cerrado no estado de Mato Grosso.** Tese (Doutorado em Física Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá/MT, 82 p., jul., 2013.

ROSELLI, L. R. P.; ALMEIDA, A. T. Modelo multicritério de seleção de fornecedores com base no Método TOPSIS com números Grey. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Porto de Galinhas, 12 p., ago., 2015.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Prêmios e certificações**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/a-sanepar/premios-e-certificacoes>. Acesso em: 04 mai. 2023.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO (SNS). **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, 223 p., dez., 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 9 abr. 2022.

SEROV, D. *Development of a system of indicators of water supply efficiency and productivity*. **E3S Web of Conferences** (Conferência Científica e Prática Internacional “Riscos Ambientais e Segurança na Engenharia Mecânica”), Rússia, v. 217, 11 p., dez., 2020.

SILVA, M. C. O. **Abordagem multicritério para análise de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário com auxílio de dados espaciais de alta resolução**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru/PE, 127 p., mai., 2021.

SILVA, M. G. G. **Estudo utilizando a metodologia multicritério a fim de mensurar os impactos de fatores econômico no desenvolvimento dos estados da região nordeste brasileira**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru/PE, 58 p., dez., 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2022 (ano base 2021). Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 28 abr. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2020 (ano base 2019). Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 22 abr. 2022.

SNIDER, B.; FILION, Y. *A streamlined energy efficiency performance indicator for water distribution systems: a case study*. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Canadá, v. 46, 61-66, ago., 2018.

SUEYEUN, O. *et al. A development of supply performance indicator in a water distribution system using fuzzy sets and a PDA model*. **Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation**, v. 18, n. 2, 289-297, fev., 2018.

TEIXEIRA, N. M. D.; AMARO, A. G. C. Avaliação do desempenho financeiro e da criação de valor – um estudo de caso. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 9, n. 4, p. 157-178, out./dez., 2013.

TRAN, Q.; NGUYEN, V.; HUANG, S. *Drilling process on CFRP: multi-criteria decision-making with entropy weight using Grey-TOPSIS method*. **Applied Sciences**, v. 10, ed. 20, 18 p., out., 2020.

UNICEF. **Bilhões de pessoas não terão acesso a água potável, saneamento e higiene em 2030, a menos que o progresso quadruplique - alertam a OMS e o UNICEF. As últimas estimativas revelam que 3 em cada 10 pessoas em todo o mundo não podiam lavar as mãos com água e sabão em casa durante a pandemia da COVID-19**. UNICEF, Guiné-Bissau, jul., 2021. Disponível em: <https://www.unicef.org/guineabissau/pt/comunicados-de-imprensa/bilh%C3%B5es-de-pessoas-n%C3%A3o-ter%C3%A3o-acesso-%C3%A1-gua-pot%C3%A1vel-saneamento-e-higiene-em>. Acesso em: 14 mai. 2022.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Eng. Sanit. Ambient.**, Belo Horizonte, v. 18, n. 4, p. 313-322, out./dez., 2013.

WANG, X. *A human error risk priority number calculation methodology using fuzzy and TOPSIS grey*. **Research Article**, v. 20, p. 1554-1566, set., 2022

ZAMAN, D. *et al. Performance indicators-based energy sustainability in urban water distribution networks: a state-of-art review and conceptual framework*. **Sustainable Cities and Society**, Índia, 2020, v. 72, 17 p., mai., 2021.

ZHAN, X. *et al. Comparing performance indicators for assessing and building resilient water distribution systems*. **Journal of Water Resources Planning and Management**, University of Exeter, 23 p., jun., 2020.

ZHANG, X. *et al. Allocation of flood drainage rights in watershed using a hybrid FBWM-Grey-TOPSIS method: a case study of the Jiangsu section of the Sunan canal, China*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, ed. 13, 22 p., jul., 2022.

APÊNDICE A – MATRIZ CRISPY FINAL (ETAPA 2. OPERACIONAL)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CASAL	0,312	0,356	0,091	0,413	0,115	0,093	0,485	0,259
CAER	0,192	0,480	0,227	0,803	0,630	0,363	0,069	0,578
SANEAGO	0,724	0,162	0,216	0,782	0,043	0,023	0,560	0,654
CAESB	0,760	0,136	0,265	0,797	0,026	0,072	0,568	0,734
SABESP	0,682	0,120	0,287	0,790	0,116	0,071	0,507	0,710
SANEPAR	0,694	0,132	0,221	0,806	0,144	0,052	0,487	0,703
CEDAE	0,277	0,360	0,570	0,704	0,155	0,219	0,456	0,649
SANEATINS	0,698	0,123	0,190	0,786	0,127	0,035	0,493	0,608
COPANOR	0,751	0,018	0,020	0,000	0,014	0,000	0,574	0,000
CESAN	0,657	0,145	0,393	0,756	0,157	0,122	0,471	0,569
CAGEPA	0,554	0,157	0,129	0,770	0,186	0,055	0,454	0,563
CASAN	0,585	0,188	0,217	0,787	0,195	0,093	0,447	0,611
COPASA	0,678	0,204	0,231	0,789	0,160	0,053	0,469	0,588
SANESUL	0,640	0,191	0,250	0,800	0,208	0,064	0,433	0,553
DESO	0,477	0,269	0,153	0,779	0,381	0,106	0,273	0,620
EMBASA	0,561	0,174	0,132	0,787	0,231	0,065	0,419	0,557
COSANPA	0,244	0,265	0,157	0,257	0,270	0,123	0,383	0,148
CORSAN	0,587	0,290	0,213	0,777	0,157	0,079	0,462	0,579
CAGECE	0,615	0,165	0,178	0,599	0,238	0,065	0,405	0,374
AGESPISA	0,424	0,265	0,052	0,596	0,356	0,070	0,313	0,399
COMPESA	0,444	0,248	0,089	0,736	0,363	0,097	0,307	0,561
CAERN	0,385	0,276	0,123	0,758	0,432	0,133	0,258	0,575
ATS	0,493	0,160	0,011	0,794	0,286	0,041	0,335	0,492
DEPASA	0,213	0,471	0,291	0,528	0,607	0,403	0,086	0,281
CAEMA	0,096	0,411	0,387	0,520	0,354	0,225	0,277	0,260
CAERD	0,312	0,412	0,193	0,260	0,577	0,272	0,115	0,143
CAESA	0,001	0,489	0,288	0,166	0,713	0,816	0,022	0,146
COSAMA	0,016	0,517	0,042	0,472	0,668	0,399	0,023	0,133

APÊNDICE B – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. OPERACIONAL)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CASAL	0,044	0,063	0,014	0,058	0,017	0,012	0,080	0,038
CAER	0,027	0,085	0,035	0,112	0,091	0,047	0,011	0,084
SANEAGO	0,103	0,029	0,033	0,109	0,006	0,003	0,092	0,096
CAESB	0,108	0,024	0,041	0,111	0,004	0,009	0,093	0,107
SABESP	0,097	0,021	0,044	0,110	0,017	0,009	0,083	0,104
SANEPAR	0,098	0,023	0,034	0,112	0,021	0,007	0,080	0,103
CEDAE	0,039	0,064	0,088	0,098	0,022	0,028	0,075	0,095
SANEATINS	0,099	0,022	0,029	0,110	0,018	0,005	0,081	0,089
COPANOR	0,106	0,003	0,003	0,000	0,002	0,000	0,094	0,000
CESAN	0,093	0,026	0,061	0,105	0,023	0,016	0,077	0,083
CAGEPA	0,078	0,028	0,020	0,107	0,027	0,007	0,075	0,082
CASAN	0,083	0,033	0,034	0,110	0,028	0,012	0,073	0,089
COPASA	0,096	0,036	0,036	0,110	0,023	0,007	0,077	0,086
SANESUL	0,091	0,034	0,039	0,111	0,030	0,008	0,071	0,081
DESO	0,068	0,048	0,024	0,108	0,055	0,014	0,045	0,091
EMBASA	0,079	0,031	0,020	0,110	0,033	0,008	0,069	0,081
COSANPA	0,035	0,047	0,024	0,036	0,039	0,016	0,063	0,022
CORSAN	0,083	0,051	0,033	0,108	0,023	0,010	0,076	0,085
CAGECE	0,087	0,029	0,027	0,083	0,034	0,008	0,067	0,055
AGESPISA	0,060	0,047	0,008	0,083	0,051	0,009	0,051	0,058
COMPESA	0,063	0,044	0,014	0,103	0,052	0,013	0,050	0,082
CAERN	0,054	0,049	0,019	0,106	0,062	0,017	0,042	0,084
ATS	0,070	0,028	0,002	0,111	0,041	0,005	0,055	0,072
DEPASA	0,030	0,083	0,045	0,074	0,087	0,052	0,014	0,041
CAEMA	0,014	0,073	0,060	0,072	0,051	0,029	0,046	0,038
CAERD	0,044	0,073	0,030	0,036	0,083	0,035	0,019	0,021
CAESA	0,000	0,086	0,044	0,023	0,103	0,105	0,004	0,021
COSAMA	0,002	0,091	0,007	0,066	0,096	0,051	0,004	0,019

APÊNDICE C – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. OPERACIONAL)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
IDEAL INFERIOR	0,000	0,091	0,088	0,000	0,103	0,105	0,094	0,000
IDEAL SUPERIOR	0,108	0,003	0,002	0,112	0,002	0,000	0,004	0,107

APÊNDICE D – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. OPERACIONAL)

	<i>P_i</i>
CASAL	0,538
CAER	0,538
SANEAGO	0,711
CAESB	0,711
SABESP	0,714
SANEPAR	0,730
CEDAE	0,551
SANEATINS	0,727
COPANOR	0,548
CESAN	0,673
CAGEPA	0,710
CASAN	0,703
COPASA	0,707
SANESUL	0,702
DESO	0,688
EMBASA	0,712
COSANPA	0,479
CORSAN	0,681
CAGECE	0,662
AGESPISA	0,631
COMPESA	0,679
CAERN	0,654
ATS	0,719
DEPASA	0,445
CAEMA	0,449
CAERD	0,436
CAESA	0,306
COSAMA	0,427

APÊNDICE E – MATRIZ CRISPY FINAL (ETAPA 2. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
CASAL	0,198	0,209	0,452	0,153	0,176	0,008	0,073
CAER	0,243	0,093	0,046	0,068	0,190	0,194	0,056
SANEAGO	0,198	0,262	0,136	0,150	0,193	0,195	0,156
CAESB	0,237	0,301	0,133	0,174	0,290	0,218	0,025
SABESP	0,096	0,146	0,074	0,221	0,086	0,183	0,065
SANEPAR	0,071	0,215	0,103	0,267	0,051	0,218	0,160
CEDAE	0,138	0,266	0,125	0,267	0,073	0,204	0,176
SANEATINS	0,089	0,232	0,103	0,269	0,022	0,205	0,209
COPANOR	0,044	0,022	0,019	0,089	0,049	0,201	0,308
CESAN	0,083	0,123	0,063	0,268	0,089	0,222	0,180
CAGEPA	0,159	0,181	0,088	0,186	0,162	0,212	0,026
CASAN	0,242	0,367	0,169	0,190	0,260	0,233	0,119
COPASA	0,158	0,220	0,110	0,213	0,117	0,162	0,092
SANESUL	0,132	0,203	0,109	0,226	0,163	0,219	0,167
DESO	0,212	0,246	0,120	0,192	0,266	0,220	0,009
EMBASA	0,159	0,211	0,103	0,202	0,168	0,228	0,018
COSANPA	0,245	0,099	0,046	0,071	0,198	0,259	0,065
CORSAN	0,432	0,597	0,282	0,197	0,490	0,213	0,164
CAGECE	0,076	0,130	0,052	0,156	0,094	0,201	0,093
AGESPISA	0,248	0,162	0,078	0,092	0,265	0,184	0,162
COMPESA	0,145	0,172	0,079	0,217	0,177	0,235	0,023
CAERN	0,127	0,173	0,088	0,212	0,156	0,227	0,070
ATS	0,005	0,207	0,092	0,560	0,057	0,168	0,256
DEPASA	0,138	0,060	0,029	0,085	0,162	0,303	0,122
CAEMA	0,033	0,070	0,017	0,220	0,055	0,268	0,159
CAERD	0,361	0,264	0,132	0,112	0,471	0,221	0,097
CAESA	0,312	0,084	0,034	0,037	0,150	0,305	0,081
COSAMA	0,287	0,000	0,000	0,000	0,361	0,327	0,038

APÊNDICE F – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
CASAL	0,041	0,036	0,069	0,024	0,034	0,002	0,016
CAER	0,050	0,016	0,007	0,011	0,036	0,046	0,012
SANEAGO	0,041	0,045	0,021	0,023	0,037	0,046	0,035
CAESB	0,049	0,051	0,020	0,027	0,055	0,052	0,006
SABESP	0,020	0,025	0,011	0,034	0,017	0,044	0,014
SANEPAR	0,015	0,037	0,016	0,042	0,010	0,052	0,036
CEDAE	0,028	0,045	0,019	0,042	0,014	0,048	0,039
SANEATINS	0,018	0,040	0,016	0,042	0,004	0,049	0,046
COPANOR	0,009	0,004	0,003	0,014	0,009	0,048	0,068
CESAN	0,017	0,021	0,010	0,042	0,017	0,053	0,040
CAGEPA	0,033	0,031	0,014	0,029	0,031	0,050	0,006
CASAN	0,050	0,063	0,026	0,030	0,050	0,055	0,026
COPASA	0,033	0,038	0,017	0,033	0,022	0,038	0,020
SANESUL	0,027	0,035	0,017	0,035	0,031	0,052	0,037
DESO	0,044	0,042	0,018	0,030	0,051	0,052	0,002
EMBASA	0,033	0,036	0,016	0,031	0,032	0,054	0,004
COSANPA	0,050	0,017	0,007	0,011	0,038	0,061	0,014
CORSAN	0,089	0,102	0,043	0,031	0,094	0,051	0,036
CAGECE	0,016	0,022	0,008	0,024	0,018	0,048	0,021
AGESPISA	0,051	0,028	0,012	0,014	0,051	0,044	0,036
COMPESA	0,030	0,029	0,012	0,034	0,034	0,056	0,005
CAERN	0,026	0,030	0,014	0,033	0,030	0,054	0,016
ATS	0,001	0,035	0,014	0,087	0,011	0,040	0,057
DEPASA	0,028	0,010	0,004	0,013	0,031	0,072	0,027
CAEMA	0,007	0,012	0,003	0,034	0,010	0,064	0,035
CAERD	0,074	0,045	0,020	0,017	0,090	0,053	0,022
CAESA	0,064	0,014	0,005	0,006	0,029	0,073	0,018
COSAMA	0,059	0,000	0,000	0,000	0,069	0,078	0,008

APÊNDICE G – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. ECONÔMICO-FINANCEIRO E ADMINISTRATIVO)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
IDEAL INFERIOR	0,089	0,102	0,069	0,000	0,094	0,078	0,068
IDEAL SUPERIOR	0,001	0,000	0,000	0,087	0,004	0,002	0,002

**APÊNDICE H – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. ECONÔMICO-FINANCEIRO
E ADMINISTRATIVO)**

	<i>P_i</i>
CASAL	0,552
CAER	0,569
SANEAGO	0,516
CAESB	0,494
SABESP	0,674
SANEPAR	0,637
CEDAE	0,595
SANEATINS	0,624
COPANOR	0,607
CESAN	0,650
CAGEPA	0,608
CASAN	0,443
COPASA	0,619
SANESUL	0,581
DESO	0,537
EMBASA	0,595
COSANPA	0,544
CORSAN	0,238
CAGECE	0,648
AGESPISA	0,507
COMPESA	0,613
CAERN	0,615
ATS	0,696
DEPASA	0,570
CAEMA	0,655
CAERD	0,384
CAESA	0,518
COSAMA	0,496

APÊNDICE I – MATRIZ CRISPY FINAL (ETAPA 2. DE QUALIDADE)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CASAL	0,347	0,085	0,218	0,148	0,085	0,616
SANEAGO	0,070	0,054	0,363	0,269	0,015	0,626
CAESB	0,005	0,058	0,855	0,576	0,012	0,885
SABESP	0,006	0,008	0,428	0,316	0,007	0,726
CEDAE	0,003	0,213	0,348	0,174	0,038	0,689
COPANOR	0,002	0,025	0,223	0,137	0,001	0,559
CAGEPA	0,225	0,062	0,590	0,339	0,056	0,615
CASAN	0,009	0,018	0,400	0,278	0,027	0,715
COPASA	0,006	0,046	0,386	0,282	0,009	0,820
DESO	0,098	0,245	0,532	0,395	0,043	0,903
COSANPA	0,377	0,133	0,113	0,067	0,112	0,307
CAGECE	0,001	0,512	0,510	0,949	0,052	0,756
AGESPISA	0,019	0,028	0,200	0,145	0,050	0,363
ATS	0,000	0,000	0,428	0,310	0,004	0,845
CAEMA	0,582	0,504	0,194	0,234	0,583	0,565
CAESA	0,052	0,685	0,000	0,000	0,546	0,000
COSAMA	0,000	0,016	0,239	0,163	0,000	0,427

APÊNDICE J – MATRIZ PONDERADA (ETAPA 3. DE QUALIDADE)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CASAL	0,058	0,014	0,038	0,025	0,014	0,107
SANEAGO	0,012	0,009	0,063	0,046	0,002	0,109
CAESB	0,001	0,010	0,148	0,098	0,002	0,154
SABESP	0,001	0,001	0,074	0,054	0,001	0,126
CEDAE	0,001	0,035	0,060	0,030	0,006	0,120
COPANOR	0,000	0,004	0,039	0,023	0,000	0,097
CAGEPA	0,038	0,010	0,102	0,058	0,009	0,107
CASAN	0,002	0,003	0,069	0,047	0,004	0,124
COPASA	0,001	0,008	0,067	0,048	0,001	0,143
DESO	0,016	0,041	0,092	0,068	0,007	0,157
COSANPA	0,063	0,022	0,020	0,011	0,019	0,053
CAGECE	0,000	0,085	0,088	0,162	0,009	0,132
AGESPISA	0,003	0,005	0,035	0,025	0,008	0,063
ATS	0,000	0,000	0,074	0,053	0,001	0,147
CAEMA	0,097	0,084	0,034	0,040	0,097	0,098
CAESA	0,009	0,114	0,000	0,000	0,091	0,000
COSAMA	0,000	0,003	0,041	0,028	0,000	0,074

APÊNDICE K – SOLUÇÕES IDEAIS (ETAPA 4. DE QUALIDADE)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
IDEAL INFERIOR	0,097	0,114	0,000	0,000	0,097	0,000
IDEAL SUPERIOR	0,000	0,000	0,148	0,162	0,000	0,157

APÊNDICE L – DESEMPENHO GLOBAL (ETAPA 6. DE QUALIDADE)

	<i>P_i</i>
CASAL	0,482
SANEAGO	0,582
CAESB	0,818
SABESP	0,637
CEDAE	0,553
COPANOR	0,525
CAGEPA	0,624
CASAN	0,616
COPASA	0,629
DESO	0,669
COSANPA	0,372
CAGECE	0,710
AGESPISA	0,480
ATS	0,653
CAEMA	0,325
CAESA	0,224
COSAMA	0,510