



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE  
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:  
APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE DF E ENTORNO**

**MARLIAN LEÃO DE OLIVEIRA**

**ORIENTADOR: OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E  
RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PTRH.DM – 180/16**

**BRASÍLIA/DF: 30 DE MARÇO – 2016**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE  
DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:  
APLICAÇÃO AO CASO DA RIDE DF E ENTORNO**

**MARLIAN LEÃO DE OLIVEIRA**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS  
HÍDRICOS**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, PhD (ENC-UnB)**  
**(Orientador)**

---

**Prof. Yovanka Pérez Ginoris, DSc (ENC-UnB)**  
**(Examinador Interno)**

---

**Prof. Fernán Enrique Vergara Figueroa, DSc (UFT)**  
**(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 30 DE MARÇO DE 2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, MARLIAN LEÃO DE

Desenvolvimento de Método para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno [Distrito Federal] 2016.

xiii, 242p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2016).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Avaliação de sistemas de abastecimento de água	2. Indicadores de desempenho
3. Mapa conceitual	4. Análise multicritério
I. ENC/FT/UnB	II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, M. L. (2016). Desenvolvimento de Método para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Aplicação no Caso da RIDE DF e Entorno. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTRH.DM – 180/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 235p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Marlian Leão de Oliveira.

TÍTULO: Desenvolvimento de Método para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água: Aplicação ao Caso da RIDE DF e Entorno.

GRAU: Mestre ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

---

Marlian Leão de Oliveira  
leaomarlian@gmail.com

*A Madô, linda e fofa.*

## AGRADECIMENTOS

Acredito que, na vida, somos guiados por uma força suprema que coloca, em nosso caminho, amigos que suavizam a caminhada e obstáculos que nos fazem crescer e aprender.

A caminhada do mestrado me trouxe um leque de sensações, descobertas e confirmações de ideias sobre a vida. As frustrações foram inevitáveis, mas a sensação de dever cumprido prevalece.

Alegrou-me muito poder contar com o auxílio e presteza dos amigos: Drica, Rafael Serafim, José Henrique, Gisela Nascimento, Rafael Teza e colegas do mestrado. Agradeço, sinceramente, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho: àqueles que responderam o extenso questionário com toda a boa vontade do mundo, à chefia do Ministério da Integração Nacional e colegas de trabalho que compreenderam minhas ausências e aos professores da UFBA, onde fiz a graduação e representam, para mim, exemplos de mestres.

Impossível não destacar a disponibilidade e simpatia dos funcionários do SAAE de Unaí/MG e da Saneago, principalmente, representada pela pessoa de Patrícia Souza, do SAA de Luziânia (foram incontáveis ligações para ela!).

Agradeço à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades, que, no contexto do Termo de Execução Descentralizada, firmado com a UnB, para desenvolvimento do Estudo “Diagnóstico do Saneamento Básico das Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDEs) do Brasil (RIDE DF e Entorno, RIDE Polo Grande Teresina/PI e RIDE Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA)” propiciou acesso a dados primários, idas a campo e respaldo institucional para desenvolvimento de etapas da presente pesquisa.

Obrigada ao meu orientador, Oscar de Moraes Cordeiro Netto, por além de transmitir seus conhecimentos, também revelar-se uma pessoa compreensiva e amiga.

Agradeço ao meu pai, em memória, pelo exemplo de disciplina e perseverança e a meu irmão, pela convivência e por estar sempre disponível para qualquer auxílio necessário.

Como não poderia faltar, deixo meus mais profundos agradecimentos às pessoas que sempre colocam, pelo menos, um dedinho em todas as minhas vitórias: minha mãe e minha irmã

queridas! Obrigada por existirem em minha vida e estarem sempre prontas a ajudar! Somos um time!

Ao final, as muitas incertezas do percurso, transformam-se na certeza de que muita coisa precisa mudar e que cada um de nós tem um papel importante para o direcionamento dessas mudanças seja no âmbito dos pequenos círculos de convivência, seja olhando para o sistema educacional ou para o País inteiro.

Expresso minha mais intensa gratidão a Deus por permitir a realização e finalização deste trabalho e de ser como sou, eterna inconformada, mas esperançosa de um futuro melhor!

## RESUMO

O método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água (SAAs), proposto neste trabalho, é baseado na adoção de um conjunto de indicadores, em que se aplica uma análise multicritério.

Para a seleção de um conjunto de indicadores suficientemente abrangente capaz de permitir uma análise integrada dos SAAs, empregou-se a construção de um mapa conceitual, cuja questão focal constituiu-se na importância das relações / interfaces identificadas para a avaliação do desempenho do SAA. Para atender a todas as relações estabelecidas no mapa com indicadores, foram levantados, na literatura, indicadores de escala contínua, convencionais, além de terem sido propostos indicadores discretos, do tipo booleanos e textuais.

Dessa forma, acredita-se ter evitado a recorrente recomendação de uso de indicadores pouco representativos ou com enfoque predominantemente empresarial que visam à realização de práticas como benchmarking e regulação econômica. Após o uso do mapa conceitual, o conjunto proposto de indicadores foi submetido à consulta a especialistas, com o intuito de verificar a seleção proposta, por meio da aplicação de formulário *online*.

A aplicação do método proposto se deu em quatro municípios da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Distrito Federal e Entorno: Alexânia, Luziânia, Santo Antônio do Descoberto e Unaí. A realização do estudo de caso dentro da RIDE DF e Entorno conferiu uma boa base de dados para compor o escalonamento dos indicadores selecionados de modo a classificar o SAA avaliado nos estados: bom, satisfatório, insatisfatório ou ruim.

Dentre as dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho, destaca-se a construção de escala para todos os indicadores selecionados. A falta de dados históricos gerou a necessidade de se arbitrarem alguns valores, tendo que se utilizar de bom senso, e de discussão com técnicos das áreas envolvidas para se valorarem os resultados passíveis de serem encontrados.

Como principais recomendações, ficam a melhoria do escalonamento por meio de outras pesquisas e o emprego do método proposto em mais municípios a fim de se averiguar sua viabilidade e sensibilidade.

**Palavras-chave:** avaliação de sistemas de abastecimento de água; indicadores de desempenho; mapa conceitual; análise multicritério.

## ABSTRACT

The water supply systems evaluation method, proposed in this work, is based on the adoption of an indicator set, on which it is applied, in sequence, a multi-criteria analysis.

To select a wide indicators set able to permit an integrated analysis of the water supply systems, a conceptual map was created under the focal question: what is the importance of the relationships identified for the water systems performance evaluation? To attend to all the relationships established on the map with indicators, it was raised, on the literature, indicators of continuous scale, conventionals. Besides that, it has been proposed discrete indicators called Boolean and textual.

On this way, it is believed to have prevented the use of unrepresentative indicators, commonly recommended on the literature, and indicators with predominant business focus. The objective of these indicators is to promote practices like benchmarking and economic regulation. In the opposite way, the indicators taken from the conceptual map were submitted to specialists to verify the selection proposed by an online application.

The method proposed was applied to four counties belonging to the called *RIDE DF e Entorno* (Integrated Development Region of the Federal District and Surroundings, that is in Portuguese, *Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno*): Alexânia, Luziânia, Santo Antônio do Descoberto and Unaí. The choose of *RIDE DF e Entorno* as case study gave a satisfactory database to form the indicators valorization scale with the will of classify the water supply systems according four estates: bad, unsatisfactory, satisfactory or good.

Among the difficulties found on the development of this work, the build of a scale for all the selected indicators stands out. The lack of historic data has created the necessity of arbitrate some values, using common sense and discussions with technicians of the different areas involved to achieve likely results to be found.

As main recommendations, there are the improvement of the proposed scale for the indicators through the development of other researches and the use of the proposed method in other counties to verify if it has enough viability and sensibility to give a scenario about the water supply systems performance evaluated by a simplified way.

**Key-words:** water supply systems evaluation; performance indicators; conceptual maps; multicriterial analyses.

*“A modernidade sempre vem marcada por descobertas fantásticas e é assim que se dá o progresso do mundo, com alguns poucos derrubando as verdades equivocadas de muitos, embora se tenha sabido de homens que tudo fizeram para impedir a verdade de vir à tona.”*

**Lúcia Roberta Mello**

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	5
2.1 - OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3 - BASE CONCEITUAL E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
3.1 - REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO (RIDE) DF E ENTORNO...6	
3.2 - PLANO DE SANEAMENTO.....	11
3.3 - SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	17
3.3.1 Captação.....	18
3.3.2 Adução.....	18
3.3.3 Tratamento.....	19
3.3.4 Reservação.....	22
3.3.5 Distribuição.....	25
3.4 - INTERFACES DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	29
3.5 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	35
3.5.1 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à qualidade do produto.....	36
3.5.2 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à eficiência operacional.....	46
3.5.2.2 Operação e eficiência energética.....	47
3.5.2.3 Manutenção e qualidade do serviço.....	52
3.5.3 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à gestão estratégica.....	54
3.6 - MAPA CONCEITUAL.....	60
3.7 - INDICADORES.....	64
3.7.1 Conceito, histórico e formas de utilização.....	64
3.7.2 Experiências de seleção de indicadores, métodos e aspectos considerados.....	68
3.7.3 Algumas observações sobre indicadores.....	75
3.8 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	78
4 - METODOLOGIA.....	83
5 - PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	89
5.1 MAPA CONCEITUAL DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	89
5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO DE SAA.....	91
5.2.1 Dinâmica de seleção dos indicadores.....	91
5.2.2 Interfaces do mapa conceitual não contempladas por indicadores.....	95

5.2.3	Consulta a especialistas .....	96
5.2.4	Fonte dos dados para a composição dos indicadores .....	98
5.2.5	Escalonamento dos indicadores .....	100
5.2.6	Observações a respeito dos indicadores selecionados e não selecionados.....	112
5.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO ELECTRE TRI .....	116
6 -	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS .....	122
6.1	ALEXÂNIA .....	122
6.2	LUZIÂNIA.....	124
6.3	SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO .....	127
6.4	UNAÍ.....	130
6.5	RESULTADOS ALCANÇADOS.....	132
7 -	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	136
	REFERÊNCIAS .....	141
	APÊNDICES .....	153

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – CARACTERIZAÇÃO GERAL E DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DA RIDE DF E ENTORNO .....	9
TABELA 3.2– RESPOSTAS PERCEBIDAS PELOS SAAS FRENTE A ALTERAÇÃO DE ASPECTOS POLÍTICOS, INSTITUCIONAIS, ECONÔMICOS, FINANCEIROS, SOCIAIS, AMBIENTAIS ETC (SOARES, 2002, MODIFICADO) .....	33
TABELA 3.3– MATRIZ DE AVALIAÇÃO PROPOSTA (MIRANDA E TEIXEIRA, 2004) .....	71
TABELA 3.4– INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTO (SHUBO 2003, MODIFICADO) .....	72
TABELA 3.5 – PROBLEMÁTICAS DECISÓRIAS DE REFERÊNCIA DO MÉTODO ELECTRE.....	81
TABELA 5.1 - INDICADORES DISTRIBUÍDOS CONFORME DIMENSÕES E ASPECTOS DO DESEMPENHO DE SAA E CRITÉRIOS ELECTRE TRI .....	92
TABELA 5.2 - INDICADORES SELECIONADOS PARA SAAS E SUAS UNIDADES DE MEDIDA.....	93
TABELA 5.3 – POPULAÇÃO E TAXAS DE CRESCIMENTO - CENSOS 1970, 1980, 1991, 2000 E 2010 E ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NO ANO DE 2013 E 2014 .....	100
TABELA 5.4 – ESCALONAMENTO GERAL DOS INDICADORES SELECIONADOS PARA O MÉTODO PROPOSTO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SAA. ....	104
TABELA 6.1 – RESULTADOS OBTIDOS PELO ELECTRE TRI APRESENTADOS POR ALTERNATIVA .....	132
TABELA 6.2 – RESUMO DOS VALORES DOS CRITÉRIOS POR SAA AVALIADO.....	133

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – MUNICÍPIOS DA RIDE DF E ENTORNO .....	7
FIGURA 3.2 – ESQUEMA DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2009 <i>IN</i> MORENO, 2009) .....	29
FIGURA 4.1 – DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA METODOLOGIA.....	88
FIGURA 5.1 – MAPA CONCEITUAL PROPOSTO PARA SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	90
FIGURA 5.2 - CATEGORIAS ESTABELECIDAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE TRI .....	116
FIGURA 5.3– PESOS ARBITRADOS PARA CADA CRITÉRIO. ....	119
FIGURA 5.4– VALORES DOS PARÂMETROS INDIFERENÇA $Q = 0,01$ E PREFERÊNCIA $P = 0,02$ .....	120
FIGURA 5.5 – VALOR ARBITRADO PARA O VETO NO CRITÉRIO QUALI, $V = 0,30$ . ....	121
FIGURA 6.1 – SÍNTESE DO MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SAA PROPOSTO.....	122
FIGURA 6.2 – DADOS DE ENTRADA NO ELECTRE TRI PARA ALEXÂNIA/GO. ....	123
FIGURA 6.3 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA O SAA DE ALEXÂNIA / GO .....	124
FIGURA 6.4 – DADOS DE ENTRADA NO ELECTRE TRI PARA LUZIÂNIA/GO. ....	126
FIGURA 6.5 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA O SAA DE LUZIÂNIA / GO .....	127
FIGURA 6.6 – DADOS DE ENTRADA NO ELECTRE TRI PARA SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO/GO. ....	128
FIGURA 6.7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA O SAA DE SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO / GO .....	129
FIGURA 6.8 – DADOS DE ENTRADA NO ELECTRE TRI PARA UNAÍ/MG. ....	131
FIGURA 6.9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA O SAA DE UNAÍ / MG .....	131

# 1 - INTRODUÇÃO

O estresse hídrico, cada vez mais presente em diversas partes do mundo, é originário de problemas há anos conhecidos e não controlados: poluição e desperdício de água. Esse quadro é ainda mais agravado pela alta concentração populacional nos espaços urbanos e pela ocorrência de alterações climáticas.

Na Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Distrito Federal e Entorno, não é diferente: o fornecimento de água tem sido interrompido por período de 3 a 5 dias em algumas cidades circunvizinhas ao DF, como Valparaíso de Goiás e Cidade Ocidental. Além disso, a região do entorno do Distrito Federal possui altos índices de acidez na água e inúmeros casos de hepatite, diarreia e outras patologias, provavelmente, oriundas da qualidade microbiológica comprometida da água (Governo do Estado de Goiás, 2010).

As RIDEs foram criadas nos anos 1990 para melhor distribuição territorial do desenvolvimento nacional brasileiro. Compostas por municípios de diferentes Estados que possuem algumas características comuns, as RIDEs, conforme o Ministério da Integração Nacional, têm como objetivo promover a estruturação de regiões que apresentam baixo desenvolvimento, mas que, por aspectos particulares, constituem-se em territórios estratégicos para o desenvolvimento nacional.

Dentre as principais atividades que são identificadas como prioritárias nas Regiões Integradas estão: o desenvolvimento do sistema viário, transporte; serviços públicos comuns; geração de empregos e capacitação profissional; uso, parcelamento e ocupação do solo; proteção ao meio-ambiente; aproveitamento de recursos hídricos e minerais; saúde e assistência social; educação e cultura; produção agropecuária e abastecimento alimentar; habitação popular; combate a causas de pobreza e fatores de marginalização; serviços de telecomunicação; turismo; segurança pública e saneamento básico (Brasil, 2013).

Sabendo-se que o crescimento urbano desordenado, com inobservância quanto à necessidade de proteção dos mananciais e áreas de preservação permanente, resultou na atual insuficiência de reservatórios naturais de água potável no entorno do Distrito Federal, gerando constante escassez de água, torna-se pertinente formular um Plano de Saneamento

Básico para a RIDE DF e Entorno, de modo a se evitar – entre outras ações importantes – que a escassez de água tome proporções irreversíveis, prejudicando o objetivo de se garantir acesso universal à água potável à população do Distrito Federal e de seus municípios circunvizinhos.

Um avanço normativo alcançado no Brasil, na esfera do saneamento, foi a promulgação da Lei 11.445/2007, conhecida por Lei das Diretrizes do Saneamento, que institui o Plano de Saneamento Básico como condicionante para a contratação de serviços de saneamento e balizador dos investimentos na área.

A referida lei estabelece, em seu artigo 17, que “O serviço regionalizado de saneamento básico poderá obedecer a plano de saneamento básico elaborado para o conjunto de Municípios atendidos”. E, no seu artigo 52, dedica-se exclusivamente ao instrumento de planejamento, de abrangência nacional (Plano Nacional de Saneamento Básico – PNSB) ou regional.

Os planos de saneamento deverão ser elaborados com horizonte de 20 (vinte) anos, avaliados anualmente e revisados a cada 4 (quatro) anos, preferencialmente, em período anterior à elaboração dos planos plurianuais governamentais.

Embora todos os componentes do saneamento sejam interdependentes e interligados, no Brasil, historicamente, o abastecimento de água é, muitas vezes, considerado o componente mais importante e, como consequência, em todas as regiões do País, vê-se um desenvolvimento superior dos sistemas de abastecimento de água sob a ótica do contingente populacional atendido.

Ainda hoje, muitos domicílios brasileiros possuem água encanada enquanto não apresentam solução coletiva para o descarte das águas servidas, bem como não são atendidos pela coleta de resíduos sólidos, muito menos a via em que se localizam tais domicílios apresenta pavimentação e um sistema de drenagem de águas pluviais.

Um sistema de abastecimento de água (SAA) compreende, basicamente, a captação da água em rio, poço ou reservatório de abastecimento, seu tratamento, elevação por meio de bombas e sua condução através de adutoras até reservatórios ou pontos de distribuição.

Existe considerável gama de técnicas, estruturas e formas de operação para a composição de um SAA. Tais aspectos irão depender, primordialmente, da qualidade da água utilizada como manancial, aspectos climáticos do local onde será instalado, topografia da região e quantidade de pessoas atendidas (vazão demandada).

Apesar da maior atenção dada aos sistemas de abastecimento de água em relação aos demais componentes do saneamento, diante da diversidade dos sistemas e condições ambientais, é possível afirmar que esses sistemas estão atendendo satisfatoriamente a população? Em que grau os sistemas de abastecimento de água, atualmente em operação, preservam ou contribuem para a qualidade ambiental? São sistemas bem dimensionados? Quanto ao enfrentamento do estresse hídrico, tais sistemas estão bem planejados e preparados para operarem em situações adversas?

Para a obtenção de respostas a essas perguntas, o uso de indicadores pode ser bastante útil por ser um facilitador comparativo que possibilita avaliar o estado do objeto ou fenômeno observado, tanto em relação a um componente histórico, quanto em relação a outros objetos e fenômenos análogos. Inúmeros estudos, principalmente realizados pelas prestadoras de serviços de água e esgoto, utilizam-se de indicadores para apontar as condições do sistema de água com finalidades, em grande parte, empresariais: realização de *benchmarking* e obtenção de recursos de financiamento.

Tem sido usual empregar indicadores já levantados pelas prestadoras com o intuito de verificar o desempenho dos SAAs em seus aspectos operacionais, gerenciais, econômicos, ambientais e sociais. No entanto, é importante analisar a necessidade de complementá-los por meio da definição de novos indicadores sobretudo para se considerar o ponto de vista de outros atores sociais.

A fim de se obter uma visão detalhada do funcionamento dos SAAs, com todas as suas possibilidades de composição e operação, assim como suas interações com outros sistemas e meio ambiente, a construção de um mapa conceitual para os sistemas de abastecimento de água se mostra como uma satisfatória opção, permitindo a representação da interligação de fenômenos interdependentes, mas que, usualmente, são tratados de forma isolada.

A partir do levantamento das interações que envolvem um SAA, por meio da construção do seu mapa conceitual, evidenciam-se pontos necessários de avaliação, isto é, pontos onde indicadores, existentes ou propostos, transmitiriam importantes informações para o delineamento de diagnóstico e prognóstico de um dado SAA avaliado.

Tendo-se um conjunto de indicadores devidamente abrangente, a aplicação de um método de análise multicriterial torna-se vantajosa para a adequada ponderação entre os diferentes critérios utilizados na seleção desses indicadores, que, de acordo com o que já foi citado, permeiam entre aspectos ambientais, sociais, financeiros e técnicos, na medida em que forem identificados por mapa conceitual.

A proposição de novos indicadores traz o desafio da necessidade de propor, também, uma métrica e valores referenciais capazes de qualificar o estado do SAA avaliado. Até mesmo para a maioria dos indicadores convencionais, já bastante utilizados por diversas organizações técnicas, não há valores referenciais que possam auxiliar na definição de uma qualificação do sistema avaliado.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho constitui-se no desenvolvimento de método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água baseado em indicadores com aplicação na RIDE DF e Entorno.

Acredita-se que a composição de um método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água, fundamentada em um conjunto de indicadores cuidadosamente selecionados, auxilie o processo de planejamentos bem estruturados, baseados na construção de diagnósticos abrangentes e objetivos, tanto para os sistemas de abastecimento de água da RIDE DF e Entorno, quanto para os de outras regiões brasileiras.

Este trabalho está organizado em nove capítulos, quais sejam: 1- Introdução, 2- Objetivos, 3- Base conceitual e fundamentação teórica 4 – Metodologia, 5- Mapa conceitual de sistema de abastecimento de água, 6 – Indicadores de desempenho de SAA, 7- Aplicação do método de análise multicritério ELECTRE TRI, 8 – Discussões dos resultados e, por último, 9- Conclusões e recomendações.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água baseado em indicadores com aplicação ao caso da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno).

### **2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Selecionar os indicadores são pertinentes à avaliação de desempenho dos SAAs da RIDE DF e Entorno e o que eles representam;
- Propor métrica e valores referenciais para os indicadores selecionados para a composição do método proposto;
- Verificar se o método de avaliação de desempenho proposto para SAA é adequado para aplicação em parte ou em toda a RIDE DF e Entorno;
- Avaliar a aplicabilidade do método formulado para outras situações.
- Avaliar a aplicação do método desenvolvido (obtido) a outras situações.

### **3 - BASE CONCEITUAL E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nos próximos tópicos, serão abordadas as principais questões que permeiam o tema da pesquisa, explicitando-se os conceitos e fundamentos que sustentam o objeto pesquisado bem como serão apresentados casos e experiências que são norteadoras para o desenvolvimento deste trabalho.

Assim, serão abordados os seguintes assuntos: 3.1- Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) DF e Entorno, 3.2- Plano de Saneamento, 3.3 – Sistemas de abastecimento de água, 3.4- Interfaces dos Sistemas de abastecimento de água, 3.5- Avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água, 3.6- Mapa conceitual, 3.7- Indicadores e 3.8 – Análise multicritério.

#### **3.1 - REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO (RIDE) DF E ENTORNO**

Para o melhor direcionamento ou aplicação dos recursos de investimento, o Governo Federal criou, nos anos 1990, as Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDEs) em locais que se encontravam defasados em relação à prestação de serviços essenciais aos avanços econômicos e de qualidade de vida pretendidos (Brasil, 2013).

A criação das RIDEs foi justificada como uma tentativa de promover a descentralização governamental, fornecendo a municípios de diferentes Estados, mas com características semelhantes, maior poder de decisão e participação nas ações consideradas fundamentais à promoção de um desenvolvimento nacional mais espacialmente equilibrado.

Com o respaldo do Artigo 43 da Constituição de 1988, a RIDE do Distrito Federal e Entorno, primeira Região Integrada de Desenvolvimento do País, foi criada em 1998. Como pode ser verificado no referido artigo da Constituição transcrito a seguir, a criação das RIDEs é permitida desde que suas unidades constituintes apresentem as mesmas características geoeconômicas e sociais (Brasil, 1988).

Art. 43. Para efeitos administrativos, a União poderá articular sua ação em um mesmo complexo geoeconômico e social, visando a seu desenvolvimento e à redução das desigualdades regionais.

Atualmente, além da RIDE DF e Entorno, a Política Nacional de Desenvolvimento Regional brasileira conta com mais duas RIDEs, criadas em 2001: a do polo Petrolina-Juazeiro, que abrange quatro municípios em cada Estado envolvido (Pernambuco e Bahia) e a da Grande Teresina, constituída por municípios dos Estados do Piauí e do Maranhão.

Dentre as principais atividades que são elencadas como prioritárias nas Regiões Integradas estão: o desenvolvimento do sistema viário, transporte; serviços públicos comuns; geração de empregos e capacitação profissional; saneamento básico; uso, parcelamento e ocupação do solo; proteção ao meio-ambiente; aproveitamento de recursos hídricos e minerais; saúde e assistência social; educação e cultura; produção agropecuária e abastecimento alimentar; habitação popular; combate a causas de pobreza e fatores de marginalização; serviços de telecomunicação; turismo e segurança pública (Brasil, 2013).

A RIDE DF e Entorno é composta pelo Distrito Federal, por 19 municípios goianos (Abadiânia, Água Fria de Goiás, Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Cabeceiras, Cidade Ocidental, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Cristalina, Formosa, Luziânia, Mimoso de Goiás, Novo Gama, Padre Bernardo, Pirenópolis, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto, Valparaíso de Goiás e Vila Boa) e por três municípios do Estado de Minas Gerais (Unai, Buritis e Cabeceira Grande), conforme se apresenta na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Municípios da RIDE DF e Entorno

Como não há, necessariamente, complementariedade de funções e infraestruturas, assim como não há concentração espacial da população, das atividades econômicas, produção e consumo nas regiões integradas de desenvolvimento como um todo, a RIDE diferencia-se das chamadas regiões metropolitanas. Nela, de acordo com Azevedo e Alves (2010), as funções polarizadoras não estão voltadas a um mercado contínuo e não há compromisso com uma área de mercado local ou regional.

No caso da RIDE DF e Entorno, a dinâmica imobiliária residencial constitui-se no vetor de formação da periferia. Contudo, segundo Azevedo e Alves (2010), alguns dos municípios integrantes da RIDE nem mesmo mantêm uma relação estreita de dependência com o DF. Além disso, os indicadores sociais e econômicos ainda apontavam para o aprofundamento das desigualdades desses municípios em relação ao Distrito Federal.

A RIDE DF e Entorno tem uma área de 57.169 km<sup>2</sup>, sendo o Distrito Federal correspondente a 10% desse total. No entanto, no DF, concentra-se 70% da população da RIDE e produz-se um PIB quase 15 vezes o valor do PIB do Entorno. Em 2006, o PIB do DF era de R\$ 89,6 bilhões, enquanto o PIB da região do Entorno alcançava R\$ 6 bilhões. Nessa época, o PIB per capita do DF era de R\$ 37,6 mil por ano enquanto que o do Entorno era bem inferior, R\$ 5,1 mil por ano (Azevedo e Alves, 2010).

Quanto à população, em 2010, a RIDE totalizava 3.724.181 habitantes, dos quais 2.570.160 residiam no DF (69% da população total da RIDE). A taxa de crescimento da população do DF entre 2000 e 2007 foi de 2,47% ao ano. A taxa de crescimento do entorno do DF, nesse mesmo período, foi de 2,24% ao ano, contrariando a tendência que se verificou no último censo, entre 1991 e 2000, no qual a taxa registrada foi de 2,7% para o DF e 5,6% para os demais municípios (IBGE, 2010).

A queda do crescimento populacional da periferia, provavelmente, representa o reflexo da fragilidade econômica do Entorno que deixa a população economicamente ativa à margem do mercado de trabalho: enquanto o DF apresenta forte concentração de emprego e renda, os municípios do Entorno têm, de modo geral, baixo desempenho econômico, social, tecnológico e fiscal.

A fim de caracterizar de forma geral e, em especial, os serviços de água e esgoto dessas unidades federativas integrantes da RIDE DF e Entorno, consultaram-se os dados disponíveis no IBGE e SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – resultando na Tabela 3.1 que apresenta um panorama da RIDE DF e Entorno.

Tabela 3.1 – Caracterização geral e dos serviços de água e esgoto da RIDE DF e Entorno

	<b>UNIDADES RIDE DISTRITO FEDERAL E ENTORNO</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>POP. TOT. em 2010 (hab)</b>	<b>DENS. POP. (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>POP. URB. (hab)</b>	<b>POP. URB. (%)</b>	<b>Atend. Rede Água (%Pop.T otal)</b>	<b>Atend. Rede Esgoto (%Pop.Total )</b>
<b>DF</b>	Distrito Federal	5.779,999	2.570.160	444,66	2.482.210	96,58	99,50	93,70
<b>GOIÁS</b>	Abadiânia	1.045,127	15.757	15,08	10.778	68,40	67,00	60,30
	Água Fria de Goiás	2.029,416	5.090	2,51	2.137	41,98	41,20	-
	Águas Lindas	188,385	159.378	846,02	159.138	99,85	90,50	-
	Alexânia	847,893	23.814	28,09	19.676	82,62	82,20	-
	Cabeceiras	1.127,605	7.354	6,52	5.505	74,86	72,70	-
	Cidade Ocidental	389,990	55.915	143,38	43.654	78,07	78,10	49,00
	Cocalzinho de Goiás	1.789,039	17.407	9,73	6.444	37,02	37,00	-
	Corumbá de Goiás	1.061,955	10.361	9,76	6.416	61,92	61,60	-
	Cristalina	6.162,090	46.580	7,56	38.421	82,48	67,60	22,10
	Formosa	5.811,790	100.085	17,22	92.023	91,94	90,30	38,80
	Luziânia	3.961,122	174.531	44,06	162.807	93,28	65,20	11,50
	Mimoso de Goiás	1.386,915	2.685	1,94	1.242	46,26	46,20	-
	Novo Gama	194,992	95.018	487,29	93.971	98,90	87,30	19,00
	Padre Bernardo	3.139,177	27.671	8,81	10.786	38,98	39,00	26,60
	Pirenópolis	2.205,010	23.006	10,43	15.563	67,65	67,50	-
	Planaltina	2.543,867	81.649	32,10	77.582	95,02	95,00	24,60
	Santo Antônio do Descoberto	944,137	63.248	66,99	56.808	89,82	72,00	24,30
	Valparaíso	61,410	132.982	2.165,48	132.982	100,00	86,10	28,80
Vila Boa	1.060,172	4.735	4,47	3.502	73,96	74,40	-	
<b>MINAS GERAIS</b>	Cabeceira Grande	1.031,409	6.453	6,26	5.297	82,09	82,10	-
	Unaí	8.447,107	77.565	9,18	62.329	80,36	82,40	70,20
	Buritís	5.225,186	22.737	4,35	16.100	70,81	70,80	22,00
<b>ESTATÍS TICA</b>	<b>TOTAL</b>	56.433,79	3.724.181	65,99	3.505.371	-	-	-
	<b>MÉDIA</b>	-	-	190,08	152.407	-	93,13	70,18
	<b>DESV. PADRÃO</b>	-	-	478,60	510.424	19,81	17,71	24,00
	<b>MÁXIMO</b>	8.447,11	2.570.160	2.165,48	2.482.210	100,00	99,50	93,70
	<b>MÍNIMO</b>	61,41	2.685	1,94	1.242	37,02	37,00	11,50

Dados de população de 2010 (IBGE), dados de atendimento de água e esgoto de 2011 (SNIS).

Os destaques da Tabela 3.1 representam diferentes situações: municípios com densidade populacional inferior à média nacional em 2013 (23,6 hab/km<sup>2</sup>); os municípios cuja maior parte da população é considerada rural, e os únicos três municípios que apresentam nível de atendimento com esgotamento sanitário superior a 50% de suas populações totais em 2011.

Com relação à elaboração do plano de saneamento, assunto a ser tratado no item 3.2, a depender da distribuição da população sobre o território, especificamente com relação aos componentes água e esgoto, a baixa densidade pode indicar necessidade de maiores investimentos pela maior extensão das redes de distribuição e coleta desses serviços, enquanto que o caráter rural de alguns municípios da RIDE pode influenciar na definição de prioridade das ações previstas no plano, já que, neles, podem-se aplicar mais facilmente soluções alternativas para os serviços.

De forma geral, o abastecimento de água na RIDE DF e Entorno pode ser considerado razoável, pois conforme a Tabela 3.1, o percentual médio de atendimento total da RIDE ficava acima dos 90% da população total em 2011. Entretanto, a discrepância é bastante alta entre as unidades componentes: enquanto o Distrito Federal apresenta um dos melhores índices de abastecimento de água do Brasil (superior a 99%), quatro municípios integrantes da RIDE apresentavam menos que 50% da população sendo atendida por sistema público de abastecimento de água em 2011: Água Fria de Goiás, Cocalzinho de Goiás, Mimoso de Goiás e Padre Bernardo.

A existência de municípios com atendimento da população com sistema de abastecimento de água abaixo de 50% revela uma realidade ainda distante do princípio fundamental de universalização dos serviços de abastecimento de água estabelecido pela Lei 11.445/2007, que institui as diretrizes nacionais para o saneamento básico no País.

Com relação ao serviço de coleta e tratamento dos esgotos, observa-se que, mesmo entre os municípios que já se encontram em condições mais favoráveis de abastecimento de água, existem aqueles que ainda não possuem sistema público de esgotamento sanitário, o que representa um grande risco ambiental e ao próprio sistema de abastecimento de água pela poluição dos mananciais da região. A fragilidade ambiental de toda região fica ainda mais evidenciada se for levada em conta a etapa de tratamento dos esgotos.

A prioridade historicamente conferida, no Brasil, à implantação de sistemas de abastecimento de água, em detrimento dos sistemas de esgotamento sanitário e, mais ainda, do tratamento dos esgotos, tem sido um desarranjo para esses sistemas de saneamento que passam a contribuir para a poluição de seus próprios mananciais, reduzindo significativamente a capacidade de fornecimento de água e a vida útil desses sistemas.

### 3.2 - PLANO DE SANEAMENTO

Em meados da década de 1830, surge, no Brasil, o abastecimento de água por pressão nos aglomerados urbanos. Até então, as únicas estruturas que serviam para o fornecimento de água eram os chafarizes, construídos para atender a corte real e os habitantes da vila real. Em seguida, surgiram os pipeiros que armazenavam água e, posteriormente, revendiam-na aos moradores mais afastados (Moreira, 1998 *apud* Costa, 2003).

A partir da metade do século XIX, ocorre, com o aumento dos fluxos migratórios para as cidades, o agravamento dos problemas de saneamento e a proliferação de epidemias. Surgem, então, as primeiras concessões de serviços públicos de saneamento, sendo a cidade de Campinas, no Estado de São Paulo, uma das pioneiras na prestação desses serviços, que, conforme Moreira (1998, *apud* Costa, 2003), iniciaram-se em 1875. Nesse período, empresas estrangeiras tiveram concessões para prestar serviços de saneamento. Esse modelo de prestação local de serviços de saneamento, com concessão ou não a empresas nacionais ou estrangeiras prevaleceu até início do século XX.

De acordo com Heller (2006), a partir de uma insatisfação popular generalizada, entre os anos de 1910 e 1930, quanto à atuação das empresas privadas no saneamento, aliada à crise internacional de 1929, que abateu as empresas de capital internacional, o Estado passou a assumir a gestão dos serviços, criando órgãos específicos, na administração direta municipal, estadual ou federal sendo que, no ano de 1940, o Governo Federal cria o DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento.

Posteriormente, as décadas de 1950 e 1960, marcadas por industrialização e urbanização crescentes, foram caracterizadas por importantes decisões para o progresso das ações de saneamento que passou a considerar o conceito de auto sustentação tarifária, contribuindo para o aporte de recursos financeiros adicionais (Maricato, 1994).

O movimento desenvolvimentista provocou um acelerado processo de urbanização e industrialização no País, alavancando, com isso, a oferta dos serviços de água e esgoto nos locais que se encontravam em pleno desenvolvimento urbano. Lembram Ogera e Phillipi Jr.

(2005) que uma série de outras obras de infraestrutura também era realizada nesse período tais como, ferrovias, iluminação pública, hidrelétricas e transportes urbanos em geral.

Apesar disso, segundo Moreira (1998 *apud* Costa, 2003), na década de 1960, o Brasil detinha o último lugar nos indicadores de saneamento básico de toda a América Latina, com apenas 50% da população urbana tendo acesso ao abastecimento de água. Ressalta-se que, nesse período, a população brasileira ainda era predominantemente rural e o esgotamento sanitário apresentava resultados ainda mais precários, devido à baixa capacidade financeira dos prestadores do serviço.

Com o advento do Regime Militar, nos anos de 1960, a política urbana nacional passou a ser inserida em uma estratégia que visava a alcançar o crescimento econômico e firmar o novo regime. O contexto político-institucional do setor passa a se adaptar ao novo cenário, abrindo espaço para a implementação do Plano Nacional de Saneamento – Planasa – baseado no progressivo suporte financeiro e assistência técnica por meio dos recursos do FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (Ogera e Phillipi Jr., 2005).

Nesse período, a União regulava – criando normas, diretrizes e acompanhando os resultados – como também financiava as atividades, centralizando a maior parte dos recursos a serem investidos. Por outro lado, as empresas estaduais, muitas criadas à época, operacionalizavam o Plano, sendo utilizadas como instrumentos para a modernização do País e construção do Estado (Brasil, 2009). Desse modo, as Companhias Estaduais de Água e Esgoto (CEAEs) passaram a assumir boa parte da gestão dos serviços de água e esgoto, por meio de contratos de concessão com os municípios.

O Plano Nacional de Saneamento (Planasa) representa a primeira abordagem do setor em ampla escala no Brasil. Instituído em 1969 e passando a vigorar em 1971, o Planasa destinava-se a suprir as crescentes demandas por serviços de água e coleta de esgoto nas cidades. Na época, os aglomerados urbanos começavam a atingir grandes proporções com a ocorrência do êxodo rural e o desenvolvimento industrial, o que fez a população urbana brasileira saltar de 56% da população total em 1970 para 81% em 2000 (Heller, 2006).

O Banco Nacional de Habitação (BNH) tornou-se o elemento centralizador do Planasa na esfera federal e as companhias estaduais na esfera local. O Plano moldava-se na crença de

que os Estados apresentariam maior capacidade técnica e financeira do que os Municípios e a operação de um conjunto de sistemas municipais por uma mesma empresa seria mais eficiente e viável economicamente, pela economia de escala proporcionada. Além disso, as empresas estaduais eram mais capacitadas para adotarem tecnologias mais avançadas e alinharem-se com as políticas públicas, assim como poderiam oferecer melhores remunerações e possibilidades de carreira, o que atrairia profissionais qualificados (Cançado e Costa, 2002).

Segundo Maricato (2000), dentro de uma ótica de auto sustentação financeira e retorno tarifário, o Planasa sugeriu, como estratégia, que as companhias estaduais concentrassem, inicialmente, seus recursos em sistemas de abastecimento de água – mais viáveis economicamente do que os de esgotamento sanitário – e nas cidades grandes e médias – com maior garantia de retorno dos investimentos. Uma vez equilibrados seus fluxos de caixa, as companhias poderiam investir nos serviços de esgotamento e atender às comunidades menores e mais pobres por meio dos mecanismos redistributivos do Plano, por meio dos denominados subsídios cruzados.

Vale ressaltar que, logo em seu lançamento, em 1971, o Planasa estabeleceu, durante o VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, a seguinte meta: “até 1980 pelo menos 80% da população urbana deveria ter acesso ao sistema de água tratada e pelo menos 50% aos serviços de esgotamento sanitário” (Costa, 2003).

Naquela época, segundo Cançado e Costa (2002), o modelo de gestão era centralizador e autoritário, com total ausência da participação social e excessiva setorização. As decisões eram tomadas segundo as diretrizes de um corpo técnico qualificado, sem qualquer intervenção exógena. A condução e o gerenciamento dos serviços de saneamento básico, organizados sob essa ótica centralizadora e autoritária, ergueram um modelo de estrutura sólida de prestação e gestão, do qual, muitos resquícios ainda perduram até os dias atuais.

Apesar disso, conforme Cançado e Costa (2002), o Plano Nacional de Saneamento – Planasa – constitui-se em um marco histórico e institucional para o setor de saneamento no País: garantiu a regulação e possibilitou significativos avanços, principalmente, no acesso à água tratada e, em segundo plano, ao esgotamento sanitário.

Conforme Barbosa (2004), a partir de 1985, as discussões em torno da descentralização das políticas públicas no Brasil se tornaram frequentes. Os modelos centralizados foram questionados, a exemplo do Planasa, que não mais se adequava ao processo de descentralização e de redemocratização que se instalava no País e se materializava com a Constituição de 1988.

No entanto, após a extinção do Planasa, Heller (2006) ressalta que a área de abastecimento de água e esgotamento sanitário não logrou constituir uma estrutura administrativa oficial dentro do aparelho do Estado. Embora a promulgação da Constituição Federal de 1988 tenha abordado a importância da manutenção do controle das ações de saneamento a nível local, não houve uma retomada desse controle pelos municípios, permanecendo seus direitos entregues ao Governo Estadual na maioria dos casos.

O vazio institucional e a carência de recursos para ampliar os níveis de cobertura durante a redemocratização do País proporcionaram a abertura do debate em torno da política de saneamento em vários segmentos da sociedade que possibilitaram a ocorrência de diversas tentativas de transferências da atividade ao setor privado (Brasil, 2009).

Os conflitos gerados entre os Municípios e as Companhias Estaduais permaneceram após a extinção do Planasa, agravado pelo recaimento sobre os municípios de grandes despesas financeiras e jurídicas para a retomada do controle dos serviços de saneamento. Esses encargos contribuem de maneira decisiva para a manutenção da prestação dos serviços de água e esgoto pelas CEAEs na maior parte dos municípios brasileiros.

Nesse processo, algumas tentativas de normatizar as atividades do saneamento emergiram como o Projeto de Lei n. 199/93, que buscava instituir a Política Nacional de Saneamento segundo os princípios da descentralização, integralidade (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem) e controle social e que, porém, não chegou a ser instituído (Borja, 2005).

Finalmente, em 2007, promulgou-se a Lei nº 11.445, que estabelece as diretrizes nacionais para os serviços públicos de saneamento básico. Embora apresente uma série de lacunas e deficiências advindas do próprio processo histórico de construção do setor, o documento representa um grande avanço na área do saneamento brasileiro, defendendo os direitos

humanos e ambientais por meio de seus princípios, entre outros, de universalização, transparência das ações, controle social e integralidade dos serviços.

Como universalização dos serviços de saneamento básico entende-se garantir o acesso de todos ao abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficientes às suas necessidades; à coleta e tratamento adequados do esgoto e dos resíduos sólidos; e ao manejo correto das águas das chuvas, conforme Art. 3 da Lei 11.445/2007 que define o saneamento básico e outros conceitos utilizados pelo marco regulatório do saneamento.

Esse marco legal do saneamento no País atribuiu aos titulares dos serviços – os municípios individualmente ou organizados em consórcio – o dever de elaborar tanto seu plano quanto sua política de saneamento. Além disso, foi estabelecida a impossibilidade de delegação de tal responsabilidade por parte dos municípios.

Os planos de saneamento, instrumentos indispensáveis da política pública de saneamento básico, tornaram-se, então, obrigatórios, aos municípios, para a contratação ou concessão dos serviços na sua prestação indireta.

Embora o prazo para a elaboração do plano de saneamento municipal tenha sido estendido até final de 2015, a grande maioria dos municípios brasileiros ainda precisa iniciar o processo de elaboração do plano de saneamento. Por esse motivo, o Decreto nº 8.629/2015 transferiu o prazo para a finalização dos planos municipais de saneamento básico (PMSB) até 31 de dezembro de 2017.

Segundo a Lei nº 11.445/2007, a política pública de saneamento básico deve compreender: a decisão sobre a forma de prestação dos serviços, já que o município pode optar pela forma direta ou delegada; a definição dos procedimentos para sua prestação; a adoção de parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública, quanto à quantidade, regularidade e qualidade da água potável; a definição do órgão responsável pela sua regulação e fiscalização; a fixação dos direitos e deveres dos usuários; o estabelecimento de mecanismos de participação e controle social (um dos princípios da lei); a construção do sistema de informações sobre os serviços; a previsão em lei e contratos das ocasiões e condições nas quais cabem intervenção e retomada dos serviços pelo Município quando esse

optou por sua delegação e a elaboração do plano de saneamento básico, principal instrumento de aplicação da lei.

Além dos aspectos relacionados, a política pública de saneamento básico também deve, fundamentalmente, definir as condições para a prestação dos serviços, envolvendo a sua sustentabilidade, viabilidade técnica, econômica e financeira bem como a definição de sistema de cobrança, composição de taxas e tarifas e política de subsídios (Brasil, 2014a).

Já o plano de saneamento, documento que registra os resultados da etapa gerencial de planejamento, realizada, normalmente, por meio da contribuição dos principais atores envolvidos na atividade analisada, deve, como todo e qualquer plano, partir da análise da realidade (diagnóstico) e traçar os objetivos e estratégias para transformar esta atividade positivamente.

O plano de saneamento deve expressar um compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o futuro do saneamento no território, explicitando como cada segmento deve se comportar para atingir os objetivos e as metas traçadas.

A grande vantagem na atribuição da elaboração dos planos de saneamento aos municípios, de acordo com Junqueira *et al.* (1997), está na aproximação dos âmbitos de planejamento e execução que permite o estabelecimento de ações sociais orientadas por planos específicos e integrados, visando atender às peculiaridades locais.

Sendo assim, Costa e Melo (1997) aconselham que, a partir da realidade local e de posse de todo arcabouço jurídico-institucional com relação aos serviços de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem urbana, delineiem-se as diretrizes gerais do plano de saneamento. Acredita-se que, assim, o desenvolvimento de um método para avaliação de desempenho de SAA passa a auxiliar na identificação dessa realidade local que conforme a base para a elaboração do plano de saneamento no que se refere ao saneamento básico, em geral, e ao componente abastecimento de água, em particular, objeto de análise na presente pesquisa.

### 3.3 - SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água (SAA) representa um conjunto de estruturas, equipamentos, procedimentos e serviços destinados ao processamento, armazenamento, transporte e distribuição de água potável para o atendimento de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

Os SAAs iniciam-se pela captação da água bruta do meio ambiente, passando por um condicionamento para torná-la potável a fim de que possa ser transportada, em segurança, até os consumidores, em quantidade e qualidade suficientes, para suprir suas necessidades de consumo.

Os métodos e técnicas de processamento da água, bem como as estruturas e equipamentos selecionados para compor o sistema irão depender, principalmente, do tamanho da população que o mesmo irá atender, do tipo e da qualidade do manancial utilizado, da topografia da região atendida, das condições climáticas e da capacidade operacional da localidade onde o sistema será instalado.

O condicionamento e a entrega da água são compostos por várias etapas até que a água chegue às torneiras dos consumidores. As etapas estão dispostas a seguir:

**Captação:** a água bruta (*in natura*) é captada em mananciais superficiais (barragens, lagos, etc.) ou subterrâneos (poços);

**Adução:** é a etapa de transporte da água sem haver distribuição, isto é, etapa em que a água bruta ou tratada é conduzida de um ponto a outro sem que a mesma seja entregue à população. A adução da água pode ocorrer logo após a sua captação, nos mananciais, até as ETAs (Estações de Tratamento de Água), da ETA até o reservatório ou até algum ponto de distribuição (início da rede de abastecimento), podendo ocorrer por gravidade ou por bombeamento;

**Tratamento:** uma série de operações e processos químicos e físicos modifica a qualidade da água de modo a torná-la atrativa e segura para o consumo humano com qualidade compatível com o padrão de potabilidade preconizado pela Portaria 2.914/2011;

**Reservação:** depois de tratada, a água é bombeada até reservatórios para que atender as flutuações de demanda da rede distribuidora;

**Distribuição:** a parte final do sistema, onde a água é efetivamente entregue ao consumidor, pronta para ser consumida.

Cada uma dessas etapas será mais detalhadamente abordada a seguir, a fim de se explicitarem questões e relações importantes à avaliação de desempenho dos SAAs como um todo.

### **3.3.1 Captação**

As principais fontes de abastecimento são lençóis d'água subterrâneos, rios, lagos e represas. Segundo Tsutiya (2006), no mundo, cerca de dois terços das águas para abastecimento público têm origem nos mananciais superficiais. Frequentemente, às águas oriundas dos mananciais subterrâneos, são aplicados somente cloração e fluoretação, devido a sua qualidade mais apurada.

Segundo Barros *et al.* (1995), as captações superficiais são, geralmente, compostas por barragens ou vertedores, para manutenção de nível ou regularização da vazão natural do rio, e elementos de tomada d'água, com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes ou em suspensão na água.

Entre os elementos de tomada d'água estão as torres – ou, para menores dimensões, tubulões – dentro dos quais são instaladas bombas de eixo vertical para o caso especial de captação em represas e lagos e, em rios com grande oscilação de nível, as captações flutuantes são muito utilizadas.

Em se tratando de manancial subterrâneo, Barros *et al.* (1995) lista as seguintes possibilidades: caixas de tomada, caso o lençol freático seja aflorante ou de encosta; galerias de infiltração, quando o lençol freático não aflora ou ainda podem ser utilizados poços profundos, se o lençol for confinado.

Para a proteção contra a entrada de material indesejado, é muito comum o uso de grades, crivos e telas de diversos tipos e formatos, caixas de areia ou desarenadores.

Após sua captação, geralmente, por bombeamento, a água é transportada através de adutora de água bruta, até uma estação de tratamento de água (ETA).

### **3.3.2 Adução**

Na etapa de adução, normalmente, os componentes são projetados para transportar uma grande quantidade de água ao longo de grandes distâncias, interligando as principais instalações do sistema.

Conforme Sarzedas (2009), os principais equipamentos utilizados são adutoras (tubos de diâmetros mais robustos), reservatórios setoriais, bombas (instaladas em estações elevatórias), válvulas de bloqueio, ventosas, válvulas de controle, válvulas de descarga (para a manutenção da adutora), além de estruturas e acessórios para proteção contra transientes hidráulicos – quando o transporte ocorre por recalque – como volantes de inércia, chaminés de equilíbrio, tanques de alimentação unidirecional (TAU), reservatórios hidropneumáticos, etc.

Nos locais onde a adução por gravidade não atende às necessidades do sistema – vazão, pressão, cota – para minimizar custos operacionais e não sobrecarregar a rede elétrica, o acionamento das bombas deve ser realizado durante o período em que o custo da energia é menor, isto é, horas fora do período de maior consumo.

Ressalta-se que os consumidores individuais, geralmente, não estão diretamente conectados às adutoras.

### **3.3.3 Tratamento**

O tratamento da água representa as intervenções realizadas para a melhoria das características qualitativas sob os pontos de vista físico, químico e bacteriológico para fins de consumo.

Os processos de tratamento de água agrupam-se compondo ou o processo convencional ou o tratamento simplificado, a depender da qualidade do manancial utilizado e ocorrem nas chamadas ETAs – Estações de Tratamento de Água.

Segundo Shubo (2003), o processo convencional de tratamento tem como principal impacto ambiental a geração de dois tipos de resíduos: aqueles gerados nos decantadores (ou, eventualmente, em flotadores com ar dissolvido) e despejos gerados em operações de lavagem de filtros. Reali (1999) ainda acrescenta os rejeitos da limpeza, menos frequente, dos tanques de produtos químicos.

As estações de tratamento de água, em operação no Brasil, via de regra, não possuem sistemas de remoção de sólidos por via mecanizada ou hidráulica, realizando a remoção do lodo por batelada. Nesse sistema, conforme Filho e Sobrinho (1998, *apud* Shubo, 2003), a descarga da fase sólida é efetuada com a paralisação da unidade após determinado período de operação (20 a 40 dias).

Como, nesses casos, a instalação de sistemas de remoção de despejo é mais difícil – quer seja pelo preço dos equipamentos e tubulações, quer seja por problemas de ordem construtiva ou operacional – o lodo acaba sendo descarregado nos corpos d’água sem nenhum tipo de tratamento.

No entanto, a partir de 2002, começou a existir uma preocupação com os lodos gerados em ETA, passando-se a exigir que, às estações de tratamento de água, seja acrescentada a etapa de tratamento do lodo que, posteriormente, deve ter destinação adequada, como o acondicionamento em aterros sanitários ou, por exemplo, o reaproveitamento para a fabricação de tijolos e outros materiais de construção (Pereira, 2011).

Segundo Pereira (2011), essa preocupação foi primeiramente regulamentada no estado de São Paulo por meio do Decreto Estadual nº 47.397/2002 que identificou as ETAs como atividades consideradas fontes de poluição para efeito de obtenção de licenças prévia, de instalação e operação. No entanto, mesmo com essa exigência legal, até hoje há diversas ETAs que não se adequaram a essa regulamentação e que ainda lançam seus resíduos nos corpos d’água ou galerias de águas pluviais, sem qualquer tratamento.

Conforme Reali (1999), a toxicidade dos lodos provenientes de estações de tratamento de água depende de fatores, como: características da água bruta; produtos químicos utilizados; possíveis contaminantes contidos nesses produtos; reações químicas ocorridas no processo de tratamento; forma de remoção e tempo de retenção dos resíduos nos decantadores e filtros; características hidráulicas, físicas, químicas e biológicas do corpo receptor, etc.

Os mananciais superficiais estão sujeitos à contaminação de origem natural, como pela ação da água sobre as rochas e também por decorrência de ações antrópicas, como pela aplicação de fertilizantes, pesticidas e disposição de resíduos urbanos e industriais. De acordo com Pádua (2009), atualmente, existe uma grande preocupação com relação à contaminação dos

corpos hídricos pelos chamados poluentes emergentes – novos contaminantes ambientais sobre os quais ainda não se tem domínio quanto aos efeitos nocivos que podem causar aos organismos vivos nem quanto aos procedimentos adequados para eliminá-los nos processos de tratamento de água. As tecnologias convencionais de tratamento não são eficazes na remoção desses microcontaminantes, por se encontrarem em sua maior parte solubilizados na água.

Segundo Pádua (2009), essas substâncias estão presentes tanto em pesticidas usados nas lavouras quanto em medicamentos e produtos de higiene consumidos diariamente. O maior problema é que quando entram em contato com os seres vivos podem afetar o sistema endócrino, ou seja, podem alterar toda a resposta hormonal do indivíduo, e por isso são também conhecidos como interferentes endócrinos.

A presença dos poluentes emergentes (químicos e biológicos) na sub-bacia hidrográfica onde se localiza o manancial pode acarretar a contaminação do ponto de captação das águas para o SAA e, por consequência, tais substâncias podem até mesmo serem encontradas no lodo que resulta, principalmente, das etapas de clarificação (coagulação, flotação, decantação e filtração), sugerindo que as mesmas podem não estar sendo totalmente eliminadas da fase líquida que, ao final de todo o processo de tratamento, resultará na água tida como potável, porém contaminada.

Além dos cada vez mais presentes poluentes emergentes, os resíduos dos decantadores têm, comumente, em sua composição, grandes concentrações de alumínio, quando o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante primário. De acordo com Reali (1999), esse material, quando disposto em rios com baixa velocidade de escoamento ou lagos, poderá causar problemas, principalmente, na camada bentônica desses ecossistemas aquáticos.

Reali (1999) também apresenta uma série de estudos, realizados no Brasil e no mundo, que apontam o alumínio como causador de doenças graves em humanos como encefalopatias crônicas, deficiências renais, demência, doenças cardiovasculares e, até mesmo, Alzheimer.

Além dos riscos à saúde, Miller *et al.* (1984) concluíram que altas concentrações de alumínio na água bruta podem elevar a turbidez da água tratada, reduzindo a efetividade da

etapa de desinfecção e, ainda, possibilitar a deposição do alumínio excedente nas paredes da tubulação que compõe o sistema de distribuição.

Outros contaminantes que frequentemente podem ser encontrados nos lodos formados nos processos de tratamento de água são os metais pesados. Como: bário, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio e outros (Reali, 1999).

Em se tratando dos mananciais subterrâneos, os baixos níveis de turbidez frequentemente encontrados, especialmente em aquíferos confinados, mais profundos, dispensam, do tratamento, a etapa de clarificação (remoção de turbidez, microrganismos e de alguns metais pesados).

Em contrapartida, em razão das substâncias naturalmente presentes nas águas subterrâneas e da contaminação dos solos – segundo Barros *et al.* (1995) – alguns processos diferentes dos convencionais, por vezes, são requeridos, como: abrandamento, adsorção, aeração, oxidação, tratamento com membranas e troca iônica. Vários desses processos são complexos, onerosos e demandam operação especializada.

Para Barros *et al.* (1995), uma adequada seleção do manancial ou um apropriado gerenciamento de sua bacia contribuinte são as formas mais adequadas de se prevenir a presença de componentes indesejáveis ao processo de potabilização da água para abastecimento.

#### **3.3.4 Reservação**

Conforme a capacidade de reservação, localização e posicionamento do reservatório em relação ao sistema de abastecimento e ao solo, essa estrutura pode ser a responsável pelo suprimento de água nas horas de maior consumo ou situações atípicas e ainda contribuir para diminuir os custos com a rede de distribuição. Além disso, os reservatórios prolongam a continuidade do abastecimento quando é necessário interrompê-lo para manutenção em determinadas partes do sistema (Barros *et al.*, 1995).

Embora incomum no Brasil, a reservação da água nos sistemas de abastecimento público pode ocorrer ainda em seu estado bruto. Nesse caso, o reservatório pode ser utilizado para o pré-tratamento microbiológico, redução da concentração de determinados contaminantes ou

como unidade de segurança no caso de contaminação acidental do manancial, além de também promover a regularização das vazões entre manancial e captação (Moreno, 2009).

Em virtude da acentuada variabilidade do consumo que ocorre entre as horas do dia e no decorrer do ano (a utilização da água intensifica-se nos horários das refeições e nos meses mais quentes), a reservação da água tratada constitui-se em uma etapa comum aos sistemas de abastecimento de água, principalmente no Brasil, onde ocorrem altos níveis de perda e problemas hidráulicos ao longo do sistema público.

Quando a água tratada é reservada, segundo Barros *et al.* (1995), intenta-se regularizar as variações entre as vazões de adução e distribuída e condicionar as pressões na rede de distribuição. Adicionalmente, em alguns casos, também se intenta fornecer uma capacidade de reserva para combate a incêndios e outros usos emergenciais em locais onde o patrimônio e segurança da população estejam ameaçados.

É necessário armazenar, desse modo, grandes volumes de água. No caso do Brasil, por exemplo, costuma-se armazenar um terço do volume diário consumido, podendo resultar em longos tempos de detenção da água nessas unidades (Snoeyink, 2006).

De acordo com Moreno (2009), longos tempos de detenção e inadequada mistura da água dentro dos reservatórios criam a oportunidade de contaminação química e microbiológica. Um dos principais problemas de degradação da qualidade da água dentro dos reservatórios é a perda do agente desinfetante residual (cloro, amônia etc.), como também o comprometimento devido ao aumento da temperatura da água, comum em um País tropical.

Conforme Brasil (2006a), a manutenção de cloro residual livre de 0,2 mg/L na água tratada tem por objetivo a prevenção à possibilidade de pós-contaminação, sendo sua medida também um indicador da segurança da água distribuída.

Conforme sua localização em relação à rede de distribuição, o reservatório é classificado como de montante, quando, pelo sentido do fluxo de água, antecede a rede de distribuição e, em virtude disso, pode causar uma variação relativamente grande da pressão nas extremidades da rede. Já o reservatório de jusante, localizado após a área abastecida é também chamado, conforme Barros *et al.* (1995), de reservatório de sobras, por ser

alimentado pela sobra do suprimento nas horas de menor consumo e abastecendo a rede nas de maior. Sua localização permite uma menor oscilação de pressão nas zonas de jusante da rede de distribuição de água.

Com relação à posição dos reservatórios quanto ao terreno, os mesmos podem ser enterrados, semienterrados, apoiados e elevados e podem ser construídos em diversos materiais: alvenaria, concreto, aço, fibra de vidro, madeira. Segundo Barros *et al.* (1995), o material mais utilizado no Brasil é o concreto armado.

Frequentemente, conforme Moreno (2009), o próprio material que constitui o reservatório, assim como os impermeabilizantes aplicados, constitui-se em uma fonte de contaminação química da água armazenada. Grande parte das vezes, a perda de qualidade da água ocorre pela existência de falhas no revestimento, presença de solventes, adesivos ou outros produtos químicos usados para fabricar ou reparar os revestimentos internos dos reservatórios.

As aberturas de ventilação, inspeção e extravasão dos reservatórios constituem-se em pontos vulneráveis à contaminação externa. Essa contaminação externa é originária de pássaros ou outros pequenos animais, assim como dos ventos, chuvas e algas. Por isso, segundo Sadiq *et al.* (2004), além das aberturas deverem ser adequadamente projetadas, construídas e operadas, é muito importante manter os reservatórios cobertos e realizar estreita vigilância nessas aberturas que permitem o contato da água reservada com o exterior.

Geldreich e LeChevallier (1999) relatam a ocorrência de quatro surtos de doenças relacionadas à água, no Estado americano do Missouri, que estavam associados à contaminação pela cobertura inadequada de reservatórios, os quais foram contaminados por pássaros.

Para Snoeyink *et al.* (2006), as exigências, cada vez maiores, quanto à quantidade e à qualidade da água reservada são intrinsecamente conflitantes: enquanto a primeira objetiva promover um armazenamento excessivo da água, a segunda enfatiza a minimização do seu tempo de residência dentro dos reservatórios, maximizando o tempo de contato da água com o desinfetante nas instalações de tratamento. É necessário equilibrar essas exigências para

garantir eficiente desinfecção da água e um nível de serviço que traga benefícios à saúde e ao bem-estar da população.

Adicionalmente, para minimizar os problemas relacionados ao elevado tempo de detenção e à diminuição da concentração residual do desinfetante, é necessário garantir uma perfeita mistura da água dentro dos reservatórios por meio da eliminação de zonas mortas e prevenção da ocorrência de curtos circuitos pela adequada disposição das entradas e saídas da água dos tanques de reserva (Ainsworth, 2004).

Segundo Brasil (2006a), a engenharia dos reservatórios deve dedicar a devida atenção à escolha de tubulações e válvulas adequadas para seu controle com relação à perda de água (válvulas de boia), à extravasão e ao seu esvaziamento para limpezas periódicas e obras de manutenção (válvulas de parada). Adotando-se os devidos cuidados de proteção, a seção de ventilação deve ser igual ou superior à seção das tubulações de entrada ou de saída a fim de se evitar o colapso da estrutura em decorrência da subpressão gerada no caso de existência de ventilação insuficiente.

O local escolhido para a instalação dos reservatórios deve ser livre de inundações, possuir um adequado sistema de drenagem das águas de chuva e cobertura vegetal ou outra forma de contenção de processos erosivos, sobretudo em áreas de corte e aterro (Barros *et al.*, 1995).

No caso de reservatórios enterrados ou semienterrados, deve-se reforçar a garantia do adequado afastamento de possíveis fontes de poluição. As câmaras de reservação de água devem ser lavadas e desinfetadas periodicamente, principalmente após os serviços de construção ou de reparos e, é de fundamental importância, dotar os reservatórios, e seus acessos, de dispositivos que impeçam a invasão de pessoas e a ação de vândalos que possam colocar em risco, sobretudo, a qualidade da água tratada (Brasil, 2006b).

### **3.3.5 Distribuição**

Essa etapa é realizada mediante redes de distribuição de água (RDA), estrutura do SAA mais integrada à realidade urbana e a mais dispendiosa. A RDA é constituída por um conjunto de condutos assentados nas vias públicas, com a função de conduzir a água para os prédios e demais edificações e pontos de consumo público, por meio das inúmeras derivações da vazão e uma disposição em rede, de onde advém sua denominação (Barros *et al.*, 1995).

Além das tubulações, elementos acessórios também são empregados de modo a atender à demanda de água para consumo de uma população de forma segura e contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas.

No dimensionamento da RDA, é preciso considerar tanto para os tubos quanto para os equipamentos acessórios (curvas, tês, reduções, registros, válvulas, etc.) os esforços internos e externos aos quais serão submetidos.

Segundo Tsutiya (2006), os esforços internos são representados pelas pressões dinâmicas e estáticas, incluindo suas variações provocadas por transientes hidráulicos, originários da abertura ou fechamento brusco de válvulas ou pela partida ou parada de bombas. Com relação aos esforços externos, há de se contabilizar o peso do solo, sua cobertura e possível trânsito de cargas acima da rede como, por exemplo, veículos.

Dessa maneira, todo o material eleito para a construção da rede deve ser apto a resistir a esses esforços, sem sofrer deflexões excessivas, esmagamento ou ruptura (Tsutiya, 2006).

Segundo Moreno (2009), apesar de ser o componente de maior custo de implantação do sistema de abastecimento de água, normalmente a RDA contém menos de 2% do volume total de água do sistema.

A preocupação sanitária no dimensionamento, construção e operação de uma RDA é garantir que a água produzida – pós-tratamento – chegue até o consumidor sem perda significativa de sua qualidade e que sejam atendidos os requisitos de quantidade, pressão e continuidade estabelecidos pelos normativos vigentes (Prince, 2006).

Devido a sua importância e características, a distribuição de água é a parte mais complexa do sistema de abastecimento de água. Severas variações da topografia do local atendido e frequentes vazões baixas (pelo atendimento de somente poucas casas) põem em segundo plano, muitas vezes, o atendimento das necessidades operacionais.

É na rede onde é verificada a maior parte dos problemas de ordem técnica relativa às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), aos projetos, à execução das obras,

aos materiais utilizados e aos cadastros das instalações. Por isso, segundo Galvão Júnior e Silva (2006), é a etapa de distribuição, a principal responsável pelos altos índices de perdas, tanto as físicas como as aparentes.

As perdas físicas ou reais são as decorrentes de vazamentos e descarte de água. As perdas aparentes correspondem à parcela de água consumida, porém não medida ou registrada. São advindas de desvio, problemas nos hidrômetros, etc. (Tsutiya, 2006)

Além disso, as RDAs são diferentes das demais unidades do SAA – como a captação e o tratamento – pois são descentralizadas e dispersas, geralmente, presentes em toda a área de abrangência do sistema. São unidades pouco visíveis, de difícil acesso, inspeção e manutenção, por estarem enterradas sob as vias públicas.

Para que sejam evitados problemas de recontaminação da água tratada na rede de distribuição, é necessário, segundo Ainsworth (2004), evitar as seguintes condições de funcionamento: variabilidade da qualidade da água; capacidade maior que a necessária; baixas vazões, zonas mortas e curtos-circuitos; pressões negativas, e abastecimento intermitente.

A variabilidade da qualidade da água pode ocorrer devido a reações químicas e biológicas que estão relacionadas: ao contato contínuo da água com os materiais do sistema de distribuição; à contaminação do sistema distribuidor por fontes externas pela existência de vazamentos; à manutenção inadequada, entre outras causas (Geldreich e LeChevallier, 1999).

De acordo com Moreno (2009), além desses problemas, outros podem ocorrer nas instalações prediais dos consumidores os quais, se não controlados, podem afetar a qualidade da água da RDA. Até mesmo o contato com o consumidor final constitui-se em uma provável fonte de contaminação da água que, caso não seja controlada, poderá afetar a qualidade da água ainda nos domínios da rede de distribuição.

Não é recomendado que as redes de distribuição tenham capacidade além da necessária, pois resultarão longos tempos de trânsito da água entre a unidade de tratamento e o consumidor. Do mesmo modo, as zonas mortas e curtos-circuitos no sistema podem causar problemas

pela criação de tempos alongados de permanência da água tratada na RDA e pela criação de setores nos quais podem ser acumulados sedimentos.

Ainda, conforme Moreno (2009), o sistema intermitente é inerentemente vulnerável a vazamentos e rupturas nas tubulações. A pressão reduzida nesses sistemas também gera um alto risco de retrossifonagem, que é a entrada de água, principalmente, do subsolo ou das estruturas de drenagem na RDA. Risco que é ampliado nos períodos de chuvas intensas, que elevam o teor de água nos solos, aumentando, também, a pressão externa com relação à pressão interior dos tubos vazios.

Outra forma em que os sistemas intermitentes podem afetar a qualidade da água ocorre no retorno do abastecimento (final de um período de falta de água na rede). Os primeiros fluxos de água podem retirar o biofilme aderido à superfície das tubulações, que, ao ser arrastado pela água de abastecimento, pode chegar às torneiras dos consumidores, causando, principalmente, rejeição por problemas estéticos. O desalojamento do biofilme também pode ser causado nos anéis de rede onde há mudança no sentido de fluxo. Desse modo, o fluxo de água nos dois sentidos deve ser evitado no dimensionamento das redes (Moreno, 2009).

As informações até então levantadas chamam a atenção para a grande complexidade que caracteriza uma RDA e apresentam algumas questões que devem ser levadas em conta no dimensionamento e operação da rede a fim de se obter um bom funcionamento de tais unidades com a manutenção da qualidade da água tratada até a entrega ao consumidor final.

A figura 3.2 é uma representação esquemática das principais e mais recorrentes unidades que compõem um SAA no Brasil.

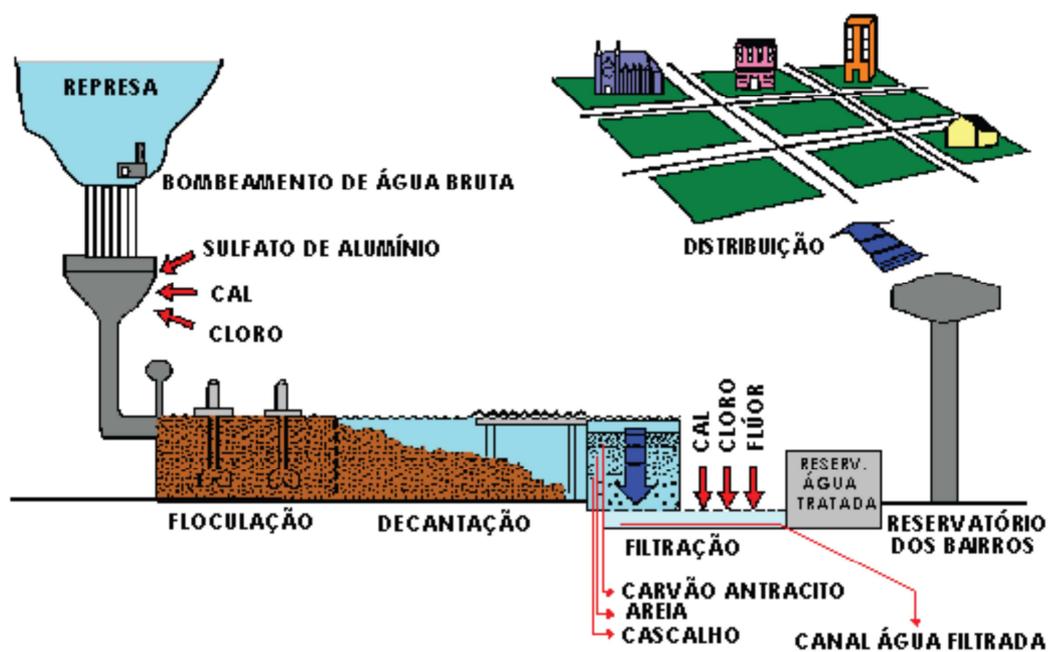


Figura 3.2 – Esquema de um sistema de abastecimento (Universidade da Água, 2009 *in* Moreno, 2009)

### 3.4 - INTERFACES DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As interfaces dos sistemas de abastecimento de água mais evidentes ocorrem com as demais componentes do saneamento básico. Segundo Tucci (2006), a falta de consideração das interações existentes entre todas as atividades do saneamento no planejamento e prestação dos serviços demonstra os problemas ocasionados por uma gestão deficiente e desintegrada desses componentes.

Desse modo, o abastecimento urbano de água pode ser fortemente prejudicado pela contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos pelos esgotos sanitários; águas pluviais que, muitas vezes, carregam contaminantes; pela disposição de resíduos sólidos diretamente no solo e pelas inundações que podem danificar as redes de abastecimento.

Logo, o abastecimento de água deve ser realizado de fontes confiáveis que não tenham sido contaminadas a partir de lançamentos de cargas poluidoras à montante do ponto de captação. O esgoto sanitário deve ser coletado e tratado para que a água lançada de volta aos corpos hídricos não esteja contaminada ao ponto de impossibilitar a autorrecuperação do manancial. A concepção do sistema de drenagem urbana deve preservar as condições naturais de infiltração, evitar transferência de aumento de vazão, volume e carga de contaminação à

jusante no escoamento pluvial e erosão do solo. Já a política para o manejo dos resíduos sólidos deve adotar ações de redução na fonte e disposição controlada na busca pelo menor impacto possível no ambiente.

Todos os elementos do saneamento possuem relação direta com a conservação do meio ambiente. Os efluentes e os resíduos gerados nos domicílios contaminam a água e o solo, além de gerar outros tipos de degradação ambiental.

Além disso, há, também, a evidente relação entre saneamento e saúde que tem sido alvo da preocupação de autoridades sanitárias ao longo de toda a história da humanidade. Segundo Ribeiro (2004), Hipócrates, no Sec. IV a. C., considerou, de forma sistemática, fatores ambientais como determinantes de saúde. Sob o título de “Ares, Águas e Lugares”, seus escritos traziam proposições para a compreensão das doenças endêmicas e epidêmicas, cujas concepções só vieram a ser superadas em meados do Século XIX, com o advento da Epidemiologia Moderna.

Ainda que muito clara a inter-relação saúde e saneamento, sua quantificação e análise qualitativa não ocorre de maneira fácil em decorrência da necessidade de se considerar, também, uma multiplicidade de fatores que, juntamente com o asseio do meio, influenciam diretamente na saúde das populações. Esses fatores envolvem nível de educação, de renda, ocupação, estresse, vulnerabilidade das pessoas expostas à situação de risco, etc.

Entretanto, diversos autores e instituições no Brasil vêm realizando abordagens integrais de problemas de saneamento de base epidemiológica com objetivo de mensurar quantitativamente efeitos do saneamento na saúde e desenvolver metodologias de pesquisa qualitativa para ouvir os sujeitos em seus espaços de convívio. Espera-se, desse modo, contribuir para a construção de instrumentos, tanto para a definição de prioridades como também para a avaliação dos resultados das políticas, decifrando, assim, as relações entre o ambiente e outros atores sociais (Ribeiro, 2004).

Para Tucci (2006), o desenvolvimento urbano, representado pela ocupação do solo, é a fonte dos problemas associados ao saneamento. Segundo ele, a transformação de um ambiente rural para urbano ocorreu por meio de uma aplicação monodisciplinar do conhecimento, sem a construção de soluções integradas. Dessa forma, as consequências de cada projeto

individual não foram consideradas na integralidade do local onde passaram a funcionar e os graves problemas ambientais e de saúde passaram a ser cada vez mais perceptíveis.

A alta impermeabilização do solo e a concentração populacional que ocorrem no processo de urbanização das cidades resultam em grande demanda de água e de geração de esgoto em pequenas áreas e em inundações mais frequentes. O conflito transmite-se para as águas urbanas com a canalização do escoamento pluvial, de esgotamentos que recebem nível de tratamento inadequado, resultando em risco para o abastecimento de água e para a população local (Tucci, 2006).

É preciso, então, de acordo com Acselrad (2001), ir em busca da adequada compreensão dos contextos sociais, econômicos, políticos e simbólicos que figuram no processo de construção e gestão das cidades, adotando-se uma gestão integrada que considere, além dos elementos naturais, o conhecimento e as experiências vivenciados pelas populações locais, enfocando parâmetros de diversidade político-cultural e de justiça socioambiental. A tendência atual é a incorporação, nos planos de desenvolvimento urbano, de padrões genéricos de sustentabilidade e de qualidade de vida, associados a uma "eficiência ecológica" das cidades.

Devido ao caráter essencial e a situação de escassez atual de água nas grandes cidades, para Tucci (2006), a gestão dos recursos hídricos pode servir como ponto balizador e orientador da organização do espaço urbano. Sendo assim, é necessário o gerenciamento integrado da infraestrutura urbana, iniciando-se pela definição da ocupação do espaço, com a preservação das funções naturais, como a infiltração e a rede natural de escoamento.

Nota-se, disso, outro importante fator a ser levado em consideração na elaboração do Plano de Saneamento Básico: a interface entre os sistemas de abastecimento de água e a gestão dos recursos hídricos, a qual, da mesma maneira, deve-se orientar por meio da elaboração de planos.

Vale ressaltar que o modelo de gestão de recursos hídricos adotado pelo Brasil, desde a promulgação da Lei Nacional de Recursos Hídricos nº 9.433 de 1997, propõe a Bacia Hidrográfica como unidade básica de gerenciamento. Uma bacia pode dispor de um comitê deliberativo composto por, entre outros atores, representantes da sociedade. Dessa forma, esse modelo de gestão favorece e enaltece a participação popular nas tomadas de decisão.

Sendo tão aparentes as interferências mútuas causadas entre a gestão dos recursos hídricos e, não somente com as atividades voltadas para o abastecimento de água, mas com todas as atividades do saneamento básico, o Plano Nacional de Recursos Hídricos, entre suas diretrizes, prevê a proposição de ações no campo do saneamento, considerando, adicionalmente, a necessidade de promover mecanismos que incentivem maior inserção dos Municípios nos Sistemas Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos (Brasil, 2006b).

É fácil perceber que a forma de gestão dos recursos hídricos que delimita a bacia hidrográfica como unidade básica de gestão, representa uma externalidade aos sistemas de abastecimento de água, normalmente, dimensionados e pensados para atender isoladamente diversos aglomerados populacionais existentes numa mesma bacia hidrográfica, sem, no entanto, projetar as futuras demandas de tais povoados somadas de forma a verificar o estresse hídrico ao qual a bacia hidrográfica, fonte dos recursos hídricos utilizados nesses sistemas, já se submete ou passará a se submeter com o passar dos anos.

Essa interposição de interesses traz à tona a necessidade ou, ao menos a preocupação, de abordar tais temas de forma desvinculada das delimitações geopolíticas tradicionais, já que as questões ambientais perpassam as fronteiras municipais, estaduais e até mesmo nacionais. Outra interferência aos planos de saneamento a ser considerada é o processo de licenciamento ambiental que ocorre, na maior parte dos casos, no interior de um órgão ambiental municipal, estadual ou federal, a depender do alcance geográfico dos impactos previstos, sem que haja a observação de outros planos que podem estar em elaboração ou já em vigor para o mesmo espaço territorial, como os próprios planos de saneamento e, por exemplo, os planos diretores de desenvolvimento urbano, estudos de impacto de vizinhança, etc.

O Brasil ainda precisa encontrar uma forma eficaz de realizar a integração de estudos interdependentes que são elaborados por órgãos distintos, de modo a aproveitar todos os esforços realizados para a organização da ocupação e do aproveitamento do território nacional.

O trabalho de Soares (2002) levantou, por meio de uma sistematização e avaliação crítica, respostas percebidas nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário

(concepção, nível de atendimento, tecnologia empregada etc.) frente às alterações de aspectos políticos, institucionais, econômicos, financeiros, sociais, urbanos, ambientais e de saúde, conforme Tabela 3.2.

O autor dividiu o sistema de abastecimento de água em três processos: sistema de produção de água, de distribuição de água e consumo de água potável (e a conseqüente produção de esgoto sanitário). A compreensão dos aspectos envolvidos no planejamento desses sistemas teve como base a análise do ciclo urbano de uso da água em uma perspectiva histórica.

Tabela 3.2– Respostas percebidas pelos SAAs frente a alteração de aspectos políticos, institucionais, econômicos, financeiros, sociais, ambientais etc (Soares, 2002, modificado).

<b>Processo do SAA</b>	<b>Político-institucional</b>	<b>Econômico-financeiro</b>	<b>Meio sócio-econômico</b>	<b>Espaço urbano</b>	<b>Meio ambiente</b>	<b>Saúde pública</b>
<b>Sistema de produção de água</b>	Influencia a capacidade de investimento / modelo de gestão	Determina a capacidade de investimento e manutenção /operação	Perfil da demanda e sua localização espacial	Diretamente relacionados	Influencia forma de exploração dos mananciais e aos resíduos do tratamento	Doenças feco-orais estão relacionadas à qualidade do manancial e à adoção de ETA
<b>Sistema de distribuição de água</b>	Prioridade dos investimentos e o modelo de administração dos serviços	Idem processo acima	Níveis mais baixos de renda apresentam menor índice de cobertura	Define a configuração espacial do sistema.	Sem relações significativas	Doenças feco-orais estão relacionadas ao índice de cobertura
<b>Consumo de água potável e produção de esgoto</b>	Tarifa cobrada em função do consumo de água pode ser ferramenta de controle da demanda	Determina o grau de autonomia financeira e dependência de recursos externos	Consumo per capita é proporcional ao nível de renda da população atendida	Localização e tipologia do domicílio influenciam na adoção de soluções individuais	Emprego de soluções individuais inadequadas podem acarretar danos ambientais	Qualidade e quantidade de água consumida têm relação com as doenças de transmissão hídrica

Em todos os estudos de caso realizados nesse trabalho (sistemas de Belo Horizonte, Brasília, Goiânia, Porto Alegre e Recife), ocorreu a correlação entre, de um lado, a conjuntura política, o contexto macroeconômico e o arranjo institucional do período e, do outro, a configuração e implementação dos sistemas de produção de água.

Segundo Soares (2002), o aumento da população, aliado à falta de controle de uso e ocupação do solo, principalmente na periferia, provocou o aumento da demanda e o comprometimento da qualidade da água dos mananciais mais acessíveis (próximos ao centro). Nesse caso, fizeram-se necessários a instalação de sistemas de produção cada vez mais distantes, o surgimento de estações de tratamento de água gradativamente mais sofisticadas e o estabelecimento de áreas de proteção ambiental cada vez maiores, em função do aumento das vazões.

A incorporação de uma unidade de tratamento de resíduos para o tratamento do lodo dos decantadores e da água utilizada na lavagem dos filtros da ETA do sistema rio Manso, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, exemplificava, à época, a preocupação que se iniciava com os impactos ambientais resultantes do processo de tratamento de água (Soares, 2002).

Na observância dos sistemas de distribuição de água, o trabalho verificou, por meio dos exemplos na região leste do aglomerado urbano de Goiânia e em Recife, que a distância em relação aos sistemas produtores e a baixa densidade demográfica diminuem a economia de escala e a localização em áreas de acesso limitado ou ambientalmente vulneráveis impõe dificuldades para a ampliação do sistema.

Já com relação ao consumo de água potável e produção de esgotos sanitários, observou-se que, após ocorrerem mudanças nas tarifas cobradas, tornando-as compatíveis com os custos dos sistemas, foram empreendidos substanciais aumentos nos índices de cobertura dos sistemas de abastecimento de água em Porto Alegre e dos sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário no Distrito Federal (Soares, 2002).

As informações históricas até então levantadas apontam o grande distanciamento entre as ações de saneamento e o processo de urbanização e entre as primeiras e as ações de saúde pública.

Outra vertente a ser considerada no desenvolvimento dos sistemas de abastecimento de água, e do saneamento básico em geral, é a educação que, na concretização de todas as necessidades diagnosticadas dentro do espaço urbano, sob a ótica da visão integral ampliada, destaca-se com importante papel para a base do exercício do trabalho coletivo.

Em contrapartida, ainda hoje, prevalece a difusão de conceitos inadequados pelas instituições de ensino e, muitas vezes, a população possui percepção errada das soluções a serem dadas na intervenção ambiental, o que enfatiza a necessidade de mudar e formar uma visão mais sustentável do homem no espaço por meio da educação.

A obtenção de um espaço harmonioso de convívio e troca com a adoção de medidas inteligentes apenas se faz possível por meio da integração das ações e decisões das áreas de saneamento, recursos hídricos, saúde, ocupação do solo, habitação, meio ambiente, etc. que garantam a composição de uma infraestrutura sustentável nas cidades.

### 3.5 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O desempenho de sistemas de abastecimento de água está relacionado à sua capacidade de entregar água em quantidade e qualidade adequadas ao consumo humano (qualidade do produto); à eficiência na prestação desse serviço e à auto-sustentação desses sistemas via gestão estratégica, isto é, à sua capacidade de se manter eficiente ao longo dos anos, considerando-se a crescente poluição do manancial utilizado, a qual pode até mesmo ter sido causada pelo próprio processo de potabilização da água empregado ou pela destinação inadequada das águas servidas, e considerando-se, também, as crescentes demandas pelo uso de água e urbanização.

Na avaliação do desempenho quanto à qualidade do produto, consideram-se as características físico-químicas e microbiológicas da água, juntamente a aspectos como população atendida e quantidade de água fornecida. Quando a avaliação se volta para a eficiência do processo de produção e distribuição de água, elementos como o gasto de energia necessário, as perdas ocorridas no processo e a intermitência do serviço tomam importância especial. Já quando o desempenho se relaciona à gestão estratégica dos SAAs, questões como a capacidade atual e futura de entrega da água, a preservação dos mananciais, tarifação aplicada e a própria eficiência do sistema implantado entram na discussão.

Para o levantamento e discussão dos aspectos que devem ser considerados como importantes para a avaliação do desempenho de um SAA sob uma visão holística, escolheu-se dividir o

tema em três dimensões: avaliação do desempenho dos SAAs quanto à qualidade do produto; quanto à eficiência operacional e quanto à gestão estratégica, conforme será abordado a seguir.

### **3.5.1 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à qualidade do produto**

A boa qualidade da água distribuída é condição básica para a saúde populacional. No entanto, embora os níveis de saúde da população abastecida sejam a própria razão de existência de um Sistema de Abastecimento de Água e um aspecto de alerta para verificações no seu funcionamento, o uso de dados da saúde populacional é inadequado para a averiguação do desempenho dos SAAs.

A complexidade que envolve o processo saúde-doença de veiculação ou de origem hídrica – influenciado da mesma forma por hábitos higiênicos inadequados, precário acondicionamento de água, nível de estresse pessoal, contato entre pessoas, ingestão de alimentos contaminados etc. – faz com que os estudos epidemiológicos da região abastecida sirvam apenas como norteadores para possíveis alterações no SAA, não representando diretamente um funcionamento ineficiente e, assim, não sendo adequado seu uso como um indicador absoluto de desempenho desses sistemas.

Já os parâmetros de qualidade da água são um indicador que avalia não somente as condições da água consumida, como, também, o desempenho geral do sistema de abastecimento. Adicionalmente, esse indicador incorpora a avaliação da satisfação do serviço pelo consumidor, tornando seu uso indispensável (Bartram *et al.*, 2009).

No final de 2011, foi publicada a portaria MS – Ministério da Saúde nº 2.914, de abrangência nacional, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e o padrão de potabilidade exigido no Brasil, revogando a Portaria anterior, nº 518/2004.

Conforme Ribeiro (2012), do ponto de vista do padrão de potabilidade, a atualização da Portaria foi resultado de uma cuidadosa revisão dos limites estabelecidos para cada parâmetro, baseada em critérios de avaliação de risco.

O conceito de risco está associado às estimativas da chance de que a exposição a um fator (genético, ambiental ou comportamental) possa estar causalmente associada a um determinado estado ou condição de saúde (Ayres, 2011).

Assim, se, de acordo com a Portaria nº 2914, determinada substância química, por exemplo, deixou de ser considerada para o padrão de potabilidade, significa que os estudos atuais apontam tal substância como de toxicidade não preocupante ou que a exposição via consumo de água não é das mais proeminentes para a contaminação dos consumidores. Raciocínio semelhante justifica eventual aumento ou diminuição do valor máximo permitido para determinada substância, bem como a inclusão de novas substâncias para o padrão de potabilidade (Ribeiro, 2012).

A Portaria 2.914/2011 estabelece a manutenção de uma avaliação sistemática do SAA com base no histórico das características da água levantadas por análises laboratoriais referentes a diversas partes do sistema, conforme plano de amostragem, igualmente estabelecido por essa Portaria.

O operador deve incluir, no seu plano de amostragem, no mínimo, os seguintes locais do SAA: captação da água bruta, saída do tratamento e pontos vulneráveis da rede de distribuição. Segundo Galvão Júnior e Silva (2006), a vulnerabilidade das redes de distribuição localiza-se, comumente, nas saídas de reservatórios, pontos baixos (onde estão instaladas as descargas), nos pontos altos da rede (sujeitos às baixas pressões nos horários de pico de demanda), locais afetos por manobras, sujeitos a intermitência de abastecimento e nas pontas de rede.

A Portaria 2.914/2011, em seu anexo XII, ainda determina um conjunto de parâmetros mínimos para serem monitorados na água de distribuição (reservatórios e rede). São eles: turbidez, cloro residual livre, cloraminas, dióxido de cloro, pH e fluoreto, gosto e odor, cianotoxinas, produtos secundários da desinfecção e outros. A frequência mínima de coleta de amostras para a realização das análises tanto da água bruta quanto tratada é estabelecida em intervalos de duas horas, diários, semanais, mensais, trimestrais ou até semestrais, a depender do parâmetro analisado, do ponto de coleta considerado da situação encontrada no SAA e da população abastecida.

No Brasil, alguns sistemas de abastecimento de água, compostos por ETA convencional, adotam o monitoramento da qualidade da água em tempo real a fim de acompanhar o desempenho qualitativo dos processos envolvidos com base nos padrões de qualidade da água estabelecidos pela referida Portaria. No entanto, esse monitoramento em tempo real restringe-se às estações de tratamento de água – ao invés de considerar o SAA como um todo – e seleciona parâmetros e mecanismos de análise de acordo com a complexidade dos processos utilizados, alinhando-se à robustez da estação monitorada em termos da vazão tratada e do risco à população atendida.

Conforme destaca a Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças infecciosas causadas por bactérias, vírus e protozoários, ou por helmintos, constituem o mais frequente e disseminado risco à saúde associado ao consumo de água. Em linhas gerais, pode-se dizer que os seguintes fatores facilitam a transmissão: resistência prolongada dos patógenos em ambientes aquáticos; possibilidade de reprodução na água, principalmente, em sistemas de distribuição; alta resistência à desinfecção; baixa dose infectante; existência de múltiplas fontes de infecção, etc. (Brasil, 2006a).

Segundo Brasil (2006a), alguns desses organismos presentes na água de abastecimento podem causar sérios agravos à saúde, até mesmo letais – a exemplo da febre tifoide, cólera e hepatite – e outros são responsáveis por consequências menos danosas – como diarreias provocadas por *Rotavírus* e *Cryptosporidium*.

Em linhas gerais, quanto à etapa de desinfecção, observa-se a seguinte ordem crescente de resistência ao tratamento da água: bactérias, vírus, cistos e oocistos de protozoários e, entre os mais resistentes, os ovos de helmintos. Normalmente, na potabilização da água, bactérias e vírus são inativados no processo de desinfecção, enquanto protozoários e helmintos são, predominantemente, removidos por meio da filtração (Brasil, 2006a).

No caso dos helmintos, é difícil a associação entre a transmissão de doenças e o consumo de água, já que a forma mais frequente de contaminação é por meio do consumo de alimentos e o contato com solos contaminados. Já no caso dos protozoários, a preocupação com a transmissão, via água contaminada, de doenças, principalmente giardíase e criptosporidiose, tem sido crescente. As principais fontes de contaminação dessas zoonoses são os esgotos sanitários e as atividades agropecuárias (Brasil, 2006a).

Como, segundo Dias *et al.* (2008), a remoção por meio do processo de tratamento de água desses protozoários é mais difícil que a dos demais organismos patogênicos transmissores de doenças via consumo de água e as técnicas de pesquisa em amostras de água ainda se encontram em fase de consolidação, é imprescindível proteger os mananciais da contaminação por esgotos sanitários que não recebem o tratamento adequado ou o devido controle do efluente tratado. Por isso, é necessário promover e garantir a disciplina do uso do solo e a proteção dos mananciais como atividades de fundamental importância ao controle e vigilância da qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

Tendo em vista essa preocupação, a Portaria 2.914/2011 atribuiu ao responsável pela operação do SAA a obrigação de contribuir com os órgãos ambientais para a proteção dos mananciais de abastecimento e suas bacias hidrográficas (Art.13, inciso IX).

De acordo com Brasil (2006a), outro risco de contaminação pelos sistemas de abastecimento de água está na presença de substâncias de difícil remoção por meio de processos convencionais de tratamento de água. Assim, a atenção aos mananciais deve também considerar as atividades agrícolas, industriais e extrativistas – garimpo, por exemplo – como fontes de contaminação de substâncias químicas refratárias aos processos de tratamento convencional da água, tais como agrotóxicos, metais pesados e outros microcontaminantes orgânicos.

Diante da multiplicidade de fatores contaminantes que podem atuar nas diversas unidades que compõem um SAA e sua imprevisibilidade, de acordo com Medema e Smeets (2004 *apud* Moreno, 2009), os princípios da ferramenta denominada APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – inicialmente desenvolvida para atender às necessidades de controle de inocuidade dos alimentos transportados em expedições tripuladas pela NASA – *National Aeronautics and Space Administration* – vêm sendo utilizados por diversas experiências para o controle da qualidade da água com as devidas adaptações: para a água de consumo humano os pontos de controle são complexos e difíceis de serem quantificados.

A APPCC foi desenvolvida com o intuito de prevenir a ocorrência de perigos e garantir a inocuidade final dos alimentos por meio de sua aplicação aos fatores associados à matéria prima, ingredientes, produção e outros processos envolvidos no preparo dos alimentos.

Como seu conceito básico é a prevenção e não a inspeção ou controle do produto final, aplicada ao abastecimento de água, a APPCC configura-se como um sistema preventivo que busca a produção de água inócua para consumo humano.

Apesar de os riscos biológicos constituírem-se nos mais preocupantes para a saúde, a APPCC cobre todos os tipos de fatores de riscos ou perigos potenciais relacionados à inocuidade da água – biológicos, químicos, radiológicos e físicos – desde aqueles que ocorrem de forma natural na água aos decorrentes de erros no processo de captação, tratamento e distribuição da água.

Seu uso impõe, aos responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de água, conhecer o funcionamento de todas as etapas do SAA: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição da água. Apenas dessa forma, é possível identificar os locais susceptíveis à contaminação e a maneira pela qual é possível evitá-la (Moreno, 2009).

De acordo com Moreno (2009), o uso dessa ferramenta nos sistemas de abastecimento é a aplicação metódica e sistemática da ciência para planejar, controlar e documentar a segura produção da água, partindo-se dos pressupostos que somente o controle da qualidade do efluente da ETA não é suficiente para evitar a entrada de contaminantes no SAA e de que a maioria dos riscos está associada aos dias críticos – instantes em que ocorre baixo desempenho dos processos de tratamento.

Sendo assim, conforme Moreno (2009), a técnica apresenta sete princípios:

1. Análise de perigos e identificação das medidas preventivas;
2. Identificação de pontos críticos de controle (PCC);
3. Determinação de limites críticos para as medidas preventivas associadas a cada PCC;
4. Estabelecimento de requisitos de controle (monitoramento) dos PCC;
5. Utilização dos resultados do monitoramento para ajustar o processo e manter o controle;
6. Elaboração de ações corretivas para o caso de desvio dos limites críticos e de um sistema para registro de todos os controles; e
7. Verificação do funcionamento adequado do sistema.

Transpondo-se esses sete princípios da APPCC para os sistemas de abastecimento de água, as dificuldades concentram-se na identificação dos pontos críticos do sistema com relação à

possibilidade de contaminação; detecção dos dias críticos (efeito temporal, períodos de baixo desempenho do tratamento) e estabelecimento de *by-pass* nos pontos críticos levantados.

Procura-se dispor de *by-pass* para que, por exemplo, o baixo desempenho de um filtro em uma bateria, não comprometa o bom desempenho dos demais, já que o desempenho satisfatório de alguns filtros não é capaz de compensar o efeito negativo do filtro comprometido sobre a qualidade da água (Moreno, 2009).

Na busca pelo melhoramento do controle de qualidade da água de abastecimento, a OMS, embasando-se nas experiências existentes que estavam fundamentadas na metodologia APPCC, adequou sua estrutura à abordagem multibarreiras e à inclusão de medidas de controle complexas e, assim, surgiu o Plano de Segurança da Água (PSA) ou, do inglês, *Water Safety Plan* nos finais dos anos 1990 (Davison *et al.*, 2005).

A abordagem multibarreiras apoia-se no reconhecimento de que a chave para a garantia de água pura e segura para o consumidor está na implantação de múltiplas barreiras ao longo de todo o SAA, da sua fonte à torneira, garantindo um melhor controle tanto da qualidade da água produzida, quanto da armazenada e distribuída (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004).

Segundo Moreno (2009), os objetivos centrais de um PSA são: assegurar boas práticas no abastecimento de água, diminuir a contaminação do manancial, reduzir ou remover os contaminantes através dos processos de tratamento e proteger a água durante sua adução, reservação, distribuição e uso. Esses objetivos são aplicáveis a sistemas de abastecimento de água de qualquer dimensão e configuração.

Além dos objetivos centrais, o PSA abarca em sua estrutura aspectos relacionados à comunicação de riscos e à gestão da qualidade. Essa incorporação conferiu abrangência à sua abordagem que permite um amplo conhecimento do sistema e sua difusão, facilitando seu gerenciamento, uma vez que cobre todo o processo de abastecimento de água (Moreno, 2009).

Após a identificação dos pontos críticos, riscos em potencial e suas fontes, o próximo passo, conforme Moreno (2009), é comparar o risco associado a cada perigo ou evento perigoso, para que sejam estabelecidas e documentadas as prioridades da gestão dos riscos. Isso se dá, como discutido no início deste item, devido à existência de numerosos contaminantes que podem comprometer a qualidade da água em diferentes graus, necessitando de diferenciados níveis de atenção. Por exemplo, os riscos associados a cada perigo ou evento perigoso podem ser descritos ou identificados pela probabilidade de sua ocorrência, como, certo, possível ou raro, e avaliados pela severidade das consequências do perigo, como, insignificante, maior ou catastrófico.

Os perigos físicos, por estarem associados às características estéticas da água, tais como cor, turbidez, sabor e odor, são, geralmente, de constatação imediata pelos consumidores, mesmo quando não significam perigo direto para a saúde humana. Por outro lado, água de boa aparência estética não necessariamente é adequada para o consumo humano.

Alguns exemplos de perigos físicos são a presença de sedimentos, biofilmes, fragmentos de condutos ou de materiais de impermeabilização de tubulações. Embora isoladamente sejam considerados risco físico, os biofilmes podem proporcionar o aparecimento de microrganismos patogênicos, fomentar zonas de biocorrosão ou consumir cloro residual, implicando no surgimento de riscos microbiológicos (Vieira e Morais, 2005).

Os perigos radiológicos associam-se à probabilidade de contaminação da água a partir de fontes de radiação. A radiação pode ser originada de materiais radioativos, que ocorrem naturalmente nos mananciais; radionuclídeos, provenientes de atividades médicas ou de indústrias que utilizam materiais radiativos, como as indústrias de mineração, por exemplo (Vieira e Morais, 2005).

O risco microbiológico é a probabilidade da ocorrência de doenças associadas à presença de bactérias, vírus, protozoários e outros microrganismos na água. Os sintomas das doenças causadas por agentes microbiológicos podem ser agudos ou crônicos como também podem provocar sequelas tardias. Segundo Deere *et al.* (2001), os riscos devido a exposições agudas são os de maior interesse para a saúde pública, quando se trata dos aspectos microbiológicos, e têm significativos reflexos na avaliação e gestão de riscos. Isto decorre

da possibilidade dos microrganismos afetarem a saúde de muitas pessoas antes da detecção da origem da contaminação.

Dentre os agentes patogênicos encontrados em meios hídricos, os de origem fecal são os que mais recebem atenção no estabelecimento de metas sanitárias relativas à salubridade microbiológica, a exemplo das bactérias termotolerantes. Nessa seara, outra preocupação a ser considerada no tratamento e distribuição de água potável são os helmintos que, apesar de não ter a água como via relativamente muito importante de infecção, suas formas infecciosas, como os nematóides e platelmintos parasitários, não devem estar presentes na água tratada, uma vez que um único exemplar, uma larva madura ou um ovo fertilizado podem ocasionar uma grave infecção (Ainsworth, 2004).

Além dos riscos microbiológicos provocados pelos agentes patogênicos de origem fecal, há, também, a preocupação com agentes que, embora não sejam infecciosos, produzem substâncias prejudiciais à saúde não devendo estar presentes na água potável. Dentre esses, há destaque para as cianobactérias, espécies potencialmente tóxicas que produzem e liberam substâncias conhecidas como “cianotoxinas”. Ao contrário das bactérias patogênicas, as cianobactérias não se reproduzem no organismo humano, já que somente se proliferam no meio aquático. Contudo, segundo Ainsworth (2004), os peptídeos tóxicos (por exemplo, microcistinas), habitualmente encontrados no interior das células, podem ser eliminados na água e, solubilizados, ultrapassar a etapa de filtração do SAA.

Em decorrência de a contaminação microbiológica poder surgir em diversos pontos do sistema de abastecimento – desde o manancial até a rede de distribuição de água – e da rápida proliferação dos microrganismos no ambiente aquático, a qualidade microbiológica da água é muito sensível, podendo variar em curto espaço de tempo.

Situações de risco podem provocar aumentos repentinos de concentração dos agentes microbiológicos que podem desencadear surtos de doenças ou intoxicações transmitidas pela água. Um exemplo de situação de risco é a ocorrência de fortes chuvas na área do manancial de um sistema de abastecimento de água após longa estiagem em que leve ao aumento da descarga de material fecal contaminado.

A chuva somente representará risco à qualidade da água de distribuição se houver fezes na bacia do manancial com níveis significativos de agentes patogênicos; as chuvas forem suficientemente intensas para arrastar as fezes para o manancial; ocorrer captação de água durante o período de viabilidade dos agentes etiológicos e antes da sedimentação, e se o tratamento estiver parcialmente ineficaz ou inoperante.

Já o risco químico associa-se à contração de doença originada de poluição química da água para consumo humano. As próprias substâncias químicas utilizadas nos processos de tratamento da água, tais como alguns agentes desinfetantes, podem acarretar risco químico ao sistema de abastecimento de água pela formação de substâncias secundárias posteriormente, conhecidas como SPDs.

Embora, de acordo com Deere *et al.* (2001), os efeitos à saúde ocasionados pela presença de químicos na água de consumo possam ser tanto agudos (decorrentes de rápidas exposições a altas concentrações da substância) quanto crônicos (resultantes de exposições a níveis baixos de contaminantes por períodos prolongados), os agravos à saúde decorrentes de substâncias químicas são raramente agudos em virtude de altas concentrações de produtos químicos na água alterarem seu sabor, tornando-o desagradável ao paladar.

Ademais, a potente capacidade de diluição apresentada pela água impossibilita a formação de alta concentração da maioria das substâncias químicas. Nessas condições e ao se considerar a elevada e ascendente diversidade de substâncias que podem ser encontradas na água de distribuição, a gestão dos riscos químicos possui caráter notadamente preventivo e investigativo, já que as contaminações químicas são mais difíceis de serem detectadas por não apresentarem efeitos imediatos à saúde dos indivíduos.

Segundo Vieira e Moraes (2005), os eventos de risco, tanto de longa quanto curta exposição, não podem ser considerados isoladamente, mas como parte de uma cadeia de eventos. É importante considerar a gravidade dos efeitos e a probabilidade de ocorrência ao invés de somente considerar a presença ou ausência do risco.

Na mensuração da gravidade dos efeitos e probabilidade de ocorrência, é necessário selecionar parâmetros capazes de indicar o desempenho operacional, serem medidos facilmente e de terem rápida apuração para permitir a realização de ajustes no tempo

adequado. Esses parâmetros incluem variáveis mensuráveis, tais como cloro residual, pH e turbidez, fatores observáveis, como a efetividade do gradeamento na captação, etc. (Moreno, 2009).

Segundo Godfrey e Howard (2005), em virtude do tempo prolongado para a obtenção dos resultados das análises, os agentes patogênicos e os indicadores bacterianos têm uso limitado no monitoramento operacional por não permitirem que sejam feitos ajustes operacionais antes do consumo da água pela população. Para garantir uma agilidade de resposta, o parâmetro usualmente empregado é o cloro residual. Seu monitoramento proporciona rápida identificação dos problemas, já que um repentino desaparecimento ou gradual diminuição de sua concentração podem indicar contaminação da água.

Quanto à utilização de coliformes totais e termotolerantes como parâmetro para o monitoramento do desempenho operacional dos SAAs, embora seu emprego apresente-se eficaz, na maioria das vezes, há de se atentar para os agentes patogênicos que são mais resistentes à desinfecção por meio do cloro que esses indicadores microbiológicos frequentemente utilizados. É o caso dos esporos anaeróbios e o *Clostridium perfringens* (Moreno, 2009).

Outro indicador útil ao monitoramento do desempenho operacional do SAA é o acompanhamento do surgimento de bactérias heterotróficas, que podem significar a ocorrência de alterações, como a ativação do biofilme, crescimento microbiano, aumento do tempo de retenção da água, entre outros.

Conforme a Portaria 2.914/2011, os principais parâmetros relacionados à qualidade da água utilizados no monitoramento operacional das distintas unidades do SAA e fases do tratamento são:

1. Mananciais – pH, turbidez, oxigênio dissolvido, vazão do corpo d'água, cor, condutividade, carbono orgânico total, crescimento de algas, tempo de detenção (no caso de lagos e represas) e dados meteorológicos locais;
2. Tratamento – dosagem química (coagulação e desinfecção), turbidez e vazão (todas as etapas), pH (coagulação, filtração e desinfecção), cor, carbono orgânico total,

- algas e suas toxinas, perda de carga (filtração), concentração de desinfetantes, tempo de contato, desinfetante residual e subprodutos da desinfecção (desinfecção), etc.;
3. Redes de distribuição de água – pH, turbidez, cor, algas, vazão, perdas de carga, desinfetante residual, subprodutos da desinfecção e pressão hidráulica.

### **3.5.2 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à eficiência operacional**

Em razão de as empresas prestadoras de serviços de saneamento básico terem sido criadas em uma época de enormes demandas por projetos e construções de sistemas de abastecimento de água, os aspectos operacionais sempre foram negligenciados em prol dos esforços necessários à implantação e a ampliação dos sistemas (Bággio, 1996).

Atualmente, com essa demanda bastante inferior, grande parte dessas empresas convive com a falta de prática em realizar uma operação do sistema proativa, no lugar de esperar as reclamações dos consumidores para posterior intervenção. A postura reativa diante de questões operacionais importantes leva à adoção de práticas insustentáveis ao passar dos anos que, também, representam as ações mais dispendiosas, enfraquecendo o equilíbrio financeiro dessas prestadoras e prejudicando as condições ambientais do entorno.

Por isso, a operação do sistema é uma etapa muito importante para ser negligenciada: é por meio dela que a empresa ganha ou perde consumidor; garante a qualidade do produto; conserva ou denigre o meio ambiente; ganha produtividade; planeja e controla a relação oferta/demanda; eleva ou não os custos e, por conseguinte, os preços; e eleva ou reduz as perdas que limitam a possibilidade de reinvestimento no negócio.

A eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água relaciona-se, desse modo, a questões como condições de funcionamento do SAA (mão de obra, tecnologia e infraestrutura disponível), controle e minimização de perdas, energia demandada pelo sistema e processos, manutenção e qualidade do serviço.

Essas questões são abordadas resumidamente nos tópicos “Operação e eficiência energética” e “Manutenção e qualidade do serviço” apresentados a seguir.

### *3.5.2.2 Operação e eficiência energética*

A operação e a eficiência energética dos sistemas de abastecimento de água dizem respeito ao modo e alternativas de seu funcionamento. Logo, são considerados quesitos como macro e micromedição de vazão do sistema, demanda energética e sua gestão, produtividade da mão de obra disponível, sua qualificação e atividades exercidas.

A macro e micromedição de vazão são de grande importância para o controle e minimização das perdas de água (a serem discutidas no próximo tópico). O bom desenvolvimento da prática de medição de vazão no sistema de abastecimento de água permite promover o uso racional da água e confere maior controle do operador sobre o sistema por meio de seu conhecimento.

A medição de vazão pode ser realizada de forma direta – quantificação volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de tubulação ou canal aberto durante determinado intervalo de tempo – ou por meio de parâmetros intrinsecamente relacionados com a vazão de escoamento, como, diferença de pressão, diferença de altura (nível do fluido na seção), condutividade, ondas ultrassônicas, dependendo da precisão necessária (Tsutiya, 2006).

Os medidores de vazão de água vão desde vertedores e calhas Parshall (entrada e saída das estações de tratamento) até macro e micromedidores de turbina, vórtice, multifuros, deslocamento positivo, tubo de Pitot, tubo ou placa de Venturi, diafragmas, etc., que são instalados ao longo das adutoras, rede de distribuição, saída dos reservatórios e outros pontos estratégicos do sistema (Azevedo Netto, 1998).

Quanto maior a quantidade desses equipamentos instalados ao longo de todo o SAA, maior o controle que pode ser dado às perdas de água, que ocorrem por desgaste do material, problemas de instalação, acidentes, desvios, etc.

Para garantir um bom nível de controle e medição da rede de distribuição, que apresenta configuração ramificada ou anelar, costuma-se dividi-las em setores de medição que permitem monitorar a evolução do consumo de água e, também, avaliar tanto as perdas de carga quanto de água que ocorrem em cada setor, identificando mais facilmente os pontos que precisam sofrer algum tipo de intervenção.

Outra frente de ação contra as perdas de água e a favor da eficiência do sistema é o adequado gerenciamento das pressões dinâmica e estática do sistema, pois, de acordo com Moreno (2009), são elas um dos principais fatores que influenciam o número de vazamentos e o volume de água perdido por eles.

Conforme Freitas (2011), apesar de, teoricamente, serem necessárias consideráveis variações de pressão para correspondentes grandes variações de fugas – pela fórmula  $hf = K (V^2 / 2g)$ , que rege a relação entre a pressão interna e a fuga de água através de um orifício, as fugas dependem linearmente da raiz quadrada da variação da pressão – observações da realidade mostram maior dependência da perda real às variações da pressão interna dos tubos do que aquela esperada pela simples aplicação da fórmula.

A causa para a divergência entre os resultados teóricos e a verificação do fenômeno na prática encontra-se no fato de a fórmula aplicar-se a orifícios com seção constante, enquanto que a área por onde ocorre grande parte dos vazamentos varia com a pressão. As fraturas longitudinais, que se dão, principalmente, nos tubos plásticos, sofrem significativa expansão com o aumento da pressão. Há, ainda, casos em que o vazamento só se processa a partir de determinado valor de pressão (Brasil, 1998).

Para evitar danos, aumentos dos vazamentos e problemas operacionais, a operação das adutoras e redes de distribuição de água, necessariamente, deve ser baseada no atendimento das pressões mínimas e máximas especificadas para cada situação. Segundo Covas e Ramos (1999), um estudo para verificar o efeito da pressão sobre as perdas demonstrou que, em áreas com pressão controlada, atinge-se uma redução das perdas de água em torno de 29%.

De acordo com Galvão Júnior e Silva (2006), baixas pressões ou pressões negativas na rede representam risco de contaminação da água em decorrência da entrada de materiais que são empurrados para o interior dos tubos pela maior pressão externa. A invasão de materiais indesejados nas tubulações pode provocar a perda de água pela necessidade de seu descarte por questões de segurança.

Um agravante na questão de falta de água e baixa pressão na rede é a dificuldade de sua percepção pelos consumidores, uma vez que a maioria dos clientes, no Brasil, dispõe de reservatórios prediais e, por isso, não tem conhecimento de que a rede não está em carga, facilitando a recontaminação da água tratada. Para evitar essa situação, Galvão Júnior e Silva (2006) recomendam o monitoramento da carga na rede por meio dos níveis dos reservatórios

e em função da pressão nas suas cotas mais elevadas, uma vez que, se a pressão dinâmica for inferior a 5,0 m.c.a., nesses pontos altos, existe risco de falta de água.

Nos casos em que o SAA não alimenta diretamente os domicílios, pois os mesmos são dotados de reservatórios domiciliares, Gonçalves (2002, *apud* Miranda, 2002) alerta para um aumento de, no mínimo, 10% das perdas aparentes, em razão de a água passar pelo hidrômetro em vazão com valores abaixo da sensibilidade do aparelho quando o dispositivo de controle de nível (boia) está próximo do nível máximo, reduzindo drasticamente a vazão, muitas vezes, por longas horas do dia.

Já as pressões internas elevadas podem causar rompimento de tubulações e danos nos dispositivos de controle de nível dos reservatórios domiciliares (válvulas de boia), principalmente nos horários noturnos em que a pressão é máxima (pressão estática).

Nas adutoras, o controle das pressões deve ser efetuado de acordo com as especificações do material da tubulação empregada e pressão de *shut off* (pressão necessária à partida das bombas, uma das pressões mais altas que o sistema deve suportar), como também de acordo com os estudos de transientes hidráulicos que podem atuar nas tubulações e equipamentos instalados, constituindo-se em fonte de graves prejuízos. Para as redes, devem ser observadas as pressões mínimas nas horas de maior consumo e as pressões máximas nas horas de pouco ou nenhum consumo, para que não ultrapassem os limites recomendados.

Para o controle das pressões, é possível utilizar a modelagem matemática da rede como forma de auxiliar na identificação do local, período e modo de ocorrência das pressões indesejadas (muito altas, negativas ou baixas). Assim, as medidas preventivas, como reforço no sistema, podem ser identificadas e implementadas.

Contudo, conforme Moreno (2009), a solução mais comumente empregada para a manutenção das pressões em faixa adequada nas redes de distribuição é o zoneamento piezométrico que deve ser realizado por meio da divisão da rede de distribuição em zonas de abastecimento. Dessa forma, dividem-se os setores de abastecimento, conformando subdivisões que, necessariamente, atendem aos requisitos de pressão mínima e máxima prescritas nas normas técnicas.

A delimitação das zonas piezométricas é realizada por meio da instalação de bombas pressurizadoras ou válvulas redutoras de pressão (VRP) ou ainda pela cota do nível de água de um reservatório.

Outro critério de subdivisão da rede está na necessidade de realizar manutenção ou limpeza em determinados pontos. Para não provocar a interrupção total do fornecimento de água, criam-se os chamados setores de manobra que permitem a realização de intervenções na rede de forma mais racional e planejada.

Moreno (2009) defende que não há como realizar um eficaz controle de perdas de água sem a existência de setores de manobra e de setores de medição corretamente concebidos, implantados e operados. No entanto, não é dada a devida importância à concepção e à delimitação dos setores de manobra e dos setores de medição durante a elaboração dos projetos de rede, bem como as atualizações ocorridas ao longo do tempo – como a instalação de mais medidores, alteração do local instalado, etc. – não são registradas para ficarem à disposição do corpo técnico e administrativo das operadoras.

Além das características físicas, como a flexibilidade na arquitetura da rede por sua setorização e quantidade de medidores instalados, questões relacionadas à mão de obra implicam diretamente nas condições operacionais do sistema.

A proporção de funcionários com relação à quantidade de economias ativas existentes no SAA é uma das condições de operação que podem proporcionar um serviço de maior ou menor qualidade assim como a capacitação desses funcionários.

Do total de funcionários, é importante também levantar o percentual daqueles que exercem atividades voltadas à operação e manutenção do sistema. Além disso, a verificação do exercício de horas extras não programadas carrega informações a respeito do grau de controle sobre o sistema como um todo, de sua situação em relação à ocorrência de problemas e imprevistos e, até mesmo, pode indicar quantidade de mão de obra subdimensionada.

Outro fator de grande peso na avaliação do desempenho dos SAAs constitui-se na demanda de energia. Sua utilização está atrelada a questões de concepção do sistema – principalmente no tocante à tecnologia empregada e à topografia da região atendida – como também a

questões de gestão do sistema que pode promover ou não um uso racional dos recursos energéticos.

O consumo de energia realizado pelo SAA tem sua importância ressaltada pelo alto percentual que esse representa nos custos para a produção e entrega da água, pois é, comumente, uma das maiores parcelas, perdendo somente, na maioria dos casos, para os custos com pessoal (Makino, 2012).

Segundo Tsutiya e David (2005), o consumo mensal de energia elétrica na Sabesp era 15% dos custos totais da empresa, representando a segunda maior conta de despesa e um dos itens mais significativos dos seus custos operacionais. Grande parte desse consumo ocorre nas estações elevatórias que chegam a ser responsáveis por cerca de 90% do consumo total de energia.

Apesar de medidas para aumentar a eficiência das operações de elevação de água poderem representar altos índices de redução no consumo de energia, Tsutiya e David (2005) acreditam que é possível reduzir boa parte dos gastos com esse insumo apenas com medidas administrativas, tais como: correção da classe de faturamento; regularização da demanda contratada, alteração da estrutura tarifária, desativação de instalações inoperantes, conferência de leitura da conta de energia elétrica e entendimentos com as companhias energéticas para a redução de tarifas.

Tais medidas administrativas são importantes à avaliação de desempenho por permitirem um melhor emprego dos recursos financeiros. Sua adoção entra no levantamento de medidas gerais para a redução de despesas e desperdícios no SAA, conferindo maior capacidade de reinvestimento no sistema.

Já as medidas operacionais estão mais fortemente relacionadas à avaliação de desempenho. De acordo com Tsutiya e David (2005), alguns exemplos dessas são: ajuste da fonte utilizada (correção do fator de potência, alteração da tensão de alimentação); diminuição da potência dos equipamentos (melhoria no rendimento do conjunto motor-bomba, redução das perdas de água, uso racional da água); controle operacional (alteração no sistema de bombeamento-reservação, utilização do inversor de frequência, alteração nos procedimentos operacionais da ETA); automação do sistema de abastecimento de água; alternativas para geração de energia elétrica (aproveitamento de potenciais energéticos, uso de geradores nos horários de ponta), entre outros.

### 3.5.2.3 *Manutenção e qualidade do serviço*

A manutenção e a qualidade do serviço dos sistemas de abastecimento de água relacionam-se às atividades envolvidas com seu estado de conservação e à satisfação da população atendida. Dessa maneira, vêm à tona os aspectos ligados a suas condições de funcionamento e à ausência de falhas.

Tais atividades envolvem as ações preventivas e reativas tomadas para que situações adversas sejam evitadas e controladas no SAA, prolongando a vida útil do sistema e, por consequência, contribuindo para a preservação ambiental. Ademais, a manutenção e a qualidade do serviço garantem as mínimas condições para o estabelecimento de saúde e qualidade de vida da população atendida ao longo do tempo.

Assim, são considerados aspectos como rotina de calibrações de equipamentos, frequência e formas de realização de inspeções e reparos nos equipamentos e instalações; acompanhamento e ações para a redução do índice de perdas de água; bem como o número de reclamações dos consumidores e percentual de atendimento a essas reclamações, entre outros.

Além disso, é importante averiguar se há necessidade do uso de racionamento ou revezamento do fornecimento de água entre zonas de abastecimento, em razão de escassez de água no manancial utilizado ou por capacidade das instalações aquém da necessária.

Normalmente, esses problemas são resolvidos com o criticável uso de manobras hidráulicas que priorizam o atendimento nas zonas mais nobres das cidades e fixam horários, na maioria das vezes noturnos, em que as áreas menos favorecidas são atendidas, gerando muitos transtornos e insatisfação de grande parte da população (Schneider *et al.*, 2010).

Com referência às perdas de água, as mesmas podem ser de três tipos: totais, reais e aparentes. As totais correspondem à soma das outras duas e podem ser calculadas simplificadamente com a subtração entre o volume total produzido de água e o consumido.

Como explicitado no item 3.3.5 Distribuição, as perdas reais originam-se de vazamentos no sistema, que podem ocorrer na captação, adução de água bruta ou tratada, tratamento, reservação, e na distribuição, podendo também resultar de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede.

As perdas aparentes originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados, desregularizados ou fraudados entre outras causas. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

Manzi e Silva (2004) alertam sobre o desgaste que ocorre naturalmente nos hidrômetros com o passar do tempo – principalmente com relação à perda de sensibilidade de leitura da vazão mínima que se desenvolve na rede. Esse desgaste é responsável por significativo aumento das perdas aparentes de água. Essa constatação aponta para a necessidade de substituição de medidores com mais de 10 anos – principalmente em se tratando dos mecânicos e magnéticos – e sugere a necessidade de monitorar aqueles com mais de 5 anos.

O acompanhamento dos percentuais de perdas ocorridas no sistema, identificando os locais de ocorrência, a distinção entre as perdas reais e aparentes bem como o registro continuado do balanço hídrico, informando os volumes de água que saem e entram e, da mesma maneira, os volumes que são faturados, é de fundamental importância para o controle dessas fugas e o monitoramento da evolução das medidas combativas. As ações de controle ativo de perdas também contribuem de forma essencial para a melhoria do desempenho do SAA.

Em razão disso, o controle de qualidade dos equipamentos por meio da elaboração e o cumprimento de plano de calibrações constituem outro importante aspecto para a manutenção das condições de funcionamento do SAA em bom estado. É necessário não somente calibrar os equipamentos laboratoriais da ETA (para os quais existem exigências legais de controle da qualidade), como também devem ser calibrados equipamentos que vão desde horímetros a medidores de nível, pressão e vazão.

Embora a operacionalidade e a eficiência energética do SAA sejam constituídas pelas características estruturais do sistema, conforme explicitado no item anterior, a qualidade do serviço condiciona-se a essas características, sendo um reflexo da sua operação e arquitetura, esta última estabelecida desde a etapa de concepção.

É recomendável que o projeto dos SAAs considere alternativas de funcionamento que permitam certa flexibilidade das estruturas, a fim de proporcionar a adoção de medidas diferenciadas frente a dificuldades, imprevistos ou emergências.

Nos casos de falhas no sistema, a flexibilidade estrutural permite menores transtornos aos consumidores, ao passo que a impossibilidade de alterações rápidas no sistema pode propagar os efeitos de falhas por longas extensões de rede, afetando um grande número de pessoas por longos períodos.

Para isso, adota-se o uso de *by-pass* em pontos críticos do sistema, reservatórios em locais estratégicos, além da setorização da rede de distribuição de água já citada no item anterior.

É preciso ter em mente que, apesar da possibilidade da realização de manobras hidráulicas no sistema para atendimento da população ser um ponto positivo, o seu emprego, muitas vezes, significa que o SAA está passando por dificuldades, seja por questões de problemas operacionais seja pela escassez de água para atender a população em sua totalidade.

Outro modo de se averiguar a qualidade do serviço pode ser o registro das reclamações endereçadas ao operador do sistema e o percentual de atendimento das mesmas. Tais registros atuam como transmissores da qualidade do serviço encontrado no SAA. No entanto, seu uso isolado não se configura suficiente em virtude de tais reclamações, muitas vezes, não estarem vinculadas a questões sob o domínio do SAA e sim decorrerem de problemas arrolados, por exemplo, dentro do próprio domicílio atendido, como falhas na boia do reservatório individual e outros.

São também aspectos comumente correlacionados à manutenção e à qualidade do serviço dos SAAs a quantidade, duração, frequência e população atingida por interrupções, tempo de resposta a reclamações e solicitações, dias com restrições no uso da água, recuperação e substituição de válvulas e conjuntos moto-bombas entre outros.

### **3.5.3 Avaliação do desempenho dos SAAs quanto à gestão estratégica**

A gestão estratégica de um sistema de abastecimento de água é a função que intenta manter a efetividade (eficácia e eficiência) do sistema ao longo do tempo. Para isso, ganham ênfase os aspectos ambientais, que, diretamente, vinculam-se ao ciclo de vida do SAA, e os aspectos financeiros, que condicionam a capacidade de gestão do mesmo, sustentando, ou não, um bom nível de manutenção e operação que garanta a efetividade na entrega da água ao consumidor final.

Como a gestão estratégica de um SAA deve preocupar-se com os aspectos ambientais e financeiros ao longo do tempo, a mesma caracteriza-se como a dimensão do desempenho dos sistemas de abastecimento de água mais diretamente relacionada à busca pela sustentabilidade ambiental, social e financeira.

Embora os sistemas de abastecimento de água, drenagem de águas pluviais, coleta e tratamento dos esgotos e dos resíduos sólidos urbanos contribuam sobremaneira para a melhoria da qualidade ambiental nas áreas urbanas e rurais, a implantação desses sistemas pode acarretar impactos ao meio ambiente e, portanto, conforme Brasil (2014b), deve ser, inclusive, submetida ao prévio licenciamento ambiental.

No caso dos SAAs, os impactos ambientais ocorrem tanto na etapa de execução das obras quanto ao longo de todo o período de funcionamento do sistema. Entre os impactos ambientais que podem ser gerados na fase de implantação dos SAAs estão os efeitos negativos incorridos sobre os cursos d'água em decorrência da remoção de cobertura vegetal na área de captação e a inundação de ecossistemas para o reservatório de acumulação. Já para a implantação das adutoras e redes de distribuição, por exemplo, destacam-se e a instabilidade de encostas naturais devido à execução de cortes no solo e a interferência com outros usos da área, que provocam degradação paisagística (Brasil, 2014b).

Na fase de operação, os impactos ambientais negativos estão associados à ocorrência de desequilíbrio entre disponibilidade e usos da água pela alteração do balanço hidrológico; vazamentos e infiltrações na rede, comprometendo a qualidade da água e ocasionando riscos para a saúde pública, etc. Há de se contabilizarem, também, os grandes prejuízos gerados pela destinação inadequada dada às águas servidas que, por vezes, acabam contaminando o manancial utilizado pelo próprio SAA (Brasil, 2014b).

Além dos citados, a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH) apresenta uma lista extensa de prováveis impactos gerados ao meio ambiente e população localizada na área de implantação do empreendimento e entorno, os quais devem ser considerados e detalhados para a obtenção do licenciamento ambiental naquele Estado. Entre os principais impactos levantados, destacam-se: alterações dos padrões de qualidade da água pelo uso de produtos químicos no tratamento; riscos de ocorrência de conflitos do uso da água que possam ser desencadeados ou intensificados com a implantação do projeto; influência (positiva ou negativa) da implantação do projeto sobre as atividades econômicas desenvolvidas na região

e consequentes processos de atração e/ou expulsão da população da área do projeto (CPRH, 1998).

Para Shubo (2003), no intuito de se promover a sustentabilidade do uso da água, geralmente, toma-se por base a economia de água nos domicílios (por meio da instalação de aparelhos economizadores de água principalmente), redes de distribuição e outras partes do sistema de abastecimento. Enquanto que pouca atenção é dada à necessidade de se promover a conservação dos mananciais, ao combate à poluição na origem e ao controle do desmatamento por meio, por exemplo, da criação de áreas de proteção ambiental, da fiscalização, etc.

Segundo o autor, como não existe uma definição rígida sobre o conceito de sustentabilidade, não existe, também, a definição de procedimentos claros de sua aferição, o que, muitas vezes, leva à tomada de decisões meramente políticas, não se levando em consideração os essenciais aspectos técnicos.

Essa lacuna, segundo Shubo (2003), traduz-se na falsa impressão de que a única preocupação dos sistemas de abastecimento de água é o alcance dos padrões mínimos de potabilidade estipulados pela legislação, não havendo um comprometimento com a sustentabilidade ambiental do sistema. Disso decorrem a falta de medidas voltadas para o uso racional dos recursos hídricos, a desconsideração dos impactos sobre os ambientes aquáticos e o emprego de tecnologias de tratamento de “fim de tubo” (*end-off-the-pipe*) como única solução para a retirada de poluentes.

Para Cooper (2001), além da diminuição das perdas e desperdício de água e da proteção dos mananciais, a alteração desse paradigma perpassa por questões como a exigência do reúso de água e o aproveitamento dos nutrientes encontrados nas águas servidas.

Uma das formas de abordar o problema é a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto (ACV). A ACV é um estudo que avalia aspectos ambientais e impactos potenciais em todo o ciclo de vida de um bem, processo ou serviço, contribuindo para a redução dos impactos detectados (NBR ISO 14040, 2001).

A avaliação do ciclo de vida considera os impactos e os recursos utilizados ao longo da vida útil de um produto: sua cadeia de abastecimento, a sua utilização e o seu fim de vida, ajudando a identificar impactos e pontos críticos no decorrer de toda a cadeia produtiva que

podem, igualmente, ser utilizados no desenvolvimento de instrumentos e critérios de orientação à redução de desperdícios e impactos ambientais negativos (Marques, 2010).

De acordo com Tillman *et al.*(1998), a sustentabilidade se reporta a perspectivas de longo prazo, logo, os limites temporais da ACV devem extrapolar o período considerado no planejamento e construção de um sistema urbano de água – normalmente limitado em algumas décadas – para adotar períodos mais longos de análise, variando entre 50 e 100 anos.

Outra adaptação importante decorre da comum delimitação geográfica dos sistemas girar em torno da comunidade atendida, representada, frequentemente, pela zona urbana dos municípios ou distritos. Atenta-se para a necessidade de visualização de horizontes mais amplos no desenvolvimento dos estudos de avaliação do ciclo de vida, como as fronteiras da bacia hidrográfica ou regiões ainda maiores, a depender de cada caso (Shubo, 2003).

Tendo como plano de fundo a ACV, é possível formular e aplicar indicadores de sustentabilidade ambiental para avaliar a performance e a pressão dos SAAs sobre o ambiente, tais como o consumo de produtos químicos e energia, eficiência dos tratamentos, descargas nos ecossistemas aquáticos e a reciclagem de nutrientes e água (Shubo, 2003).

No contexto da avaliação do desempenho do SAA quanto à gestão estratégica, cabe, também, analisar o modo como o sistema utiliza-se de compensações para amenizar os efeitos dos impactos indesejados que não poderão facilmente ser eliminados ou evitados.

Segundo CPRH (1998), as medidas mais complexas, que envolvem uma metodologia particular para a mitigação e/ou compensação de um ou mais impactos importantes, podem ser consolidadas, por exemplo, em “Programas de Mitigação de Impactos”, formatados para serem executados durante longos períodos.

Entre esses, é comum encontrar: programa de limpeza da bacia contribuinte ao manancial; programa de controle de processos erosivos e movimentos de massas; programa de prevenção e proteção contra processo de assoreamento do reservatório; programa de gestão de recursos hídricos (controle de vazão para permitir o uso múltiplo dos recursos hídricos no local e a jusante do projeto; monitoramento da qualidade das águas; acompanhamento da ocorrência do processo de eutrofização, etc.); programa de florestamento do cinturão de contorno do reservatório; planos de emergência – destinados à redução de riscos (enchentes,

sismos etc.); programa de reassentamento da população atingida pelo reservatório; programa de educação ambiental etc. (CPRH, 1998).

Esses programas de ações mitigatórias ou compensatórias devem ser inclusos, igualmente, nos aspectos importantes que visam à avaliação do desempenho de um SAA.

Quanto aos aspectos financeiros, primeiramente, é necessário conhecer como se processam as finanças no âmbito dos sistemas de abastecimento de água, principalmente, no que diz respeito à origem dos recursos. Nesse intuito, convém levantar, resumidamente, um pouco da história recente do desenvolvimento da atividade no Brasil, a qual ainda exerce forte influência sobre as condições atualmente vivenciadas.

Segundo Piza e Paganini (2006), a regulação do setor de saneamento no Brasil teve início na década de 1970 por meio do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). À época, o Banco Nacional da Habitação (BNH) exercia o papel de regulador, abrangendo alguns municípios e as empresas estaduais de saneamento, assim como o Distrito Federal.

Nesse período, a regulação analisava e aprovava as tarifas, visando a manter o equilíbrio econômico e financeiro das empresas estaduais de saneamento e dos serviços autônomos municipais, cujos investimentos foram financiados com recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e dos fundos estaduais de água e esgotos (FAE – 2 a 3% de recursos fiscais do ICMS), sendo que, conforme Piza e Paganini (2006), essa regulação vigorou até a extinção do BNH.

Atualmente, alguns Estados, Distrito Federal e municípios possuem agências reguladoras cujo foco são os serviços de saneamento, isoladamente ou em conjunto com outros serviços públicos. Contudo, a regulação dos serviços de saneamento ainda é considerada muito precária nas concessões municipais para empresas estaduais de saneamento e privadas, sendo que, nesse último caso, o contrato de concessão faz o papel do agente regulador.

Carvalho (2015) identifica fatores que interferem na capacidade regulatória dos serviços de saneamento no Brasil, entre os quais se destacam: ausência de padronização com relação às regras aplicadas; ausência de coordenação regulatória e superposição de funções e papéis entre distintos órgãos; falta de autonomia administrativa, financeira e orçamentária das agências reguladoras para a atuação independente sobre prestadores públicos entre outros.

Os prestadores dos serviços de saneamento podem ser de abrangência regional, microrregional ou local e podem assumir, juridicamente, natureza de administração direta, autarquia, empresa privada, sociedade de economia mista ou organização social. Toda essa heterogeneidade colabora para uma conjuntura de interesses distintos com implicações diretas na prestação dos serviços e, conseqüentemente, no atendimento aos anseios dos usuários (Carvalho, 2015).

Independentemente do serviço de saneamento ser ofertado por uma entidade pública ou privada, o setor de saneamento constitui um monopólio natural. A constituição de um monopólio se contrapõe ao caráter essencial dos serviços e à sua demanda inelástica, tornando a regulação fundamental para garantir o equilíbrio entre produtores e consumidores, o que torna importante o papel da regulação na busca da universalização do acesso, da qualidade e da eficiência econômica (Galvão Júnior e Paganini, 2009).

Desse modo, as agências reguladoras devem, de acordo com Rodrigues (2012), equilibrar as necessidades antagônicas de conferir sustentabilidade financeira aos prestadores dos serviços de abastecimento de água e de manter o preço cobrado pelo serviço em patamares sociais aceitáveis.

No estabelecimento do equilíbrio tarifário com a sustentabilidade financeira das entidades prestadoras do serviço, requer-se considerar, no cálculo das tarifas, a incorporação, por exemplo, dos custos ambientais (como da criação de áreas de proteção ambiental, fiscalização etc.) e de escassez hídrica e os custos com as perdas de água por vazamentos – que ampliam os gastos com energia elétrica, produtos químicos, com equipes de reparo etc. – elevando, conseqüentemente, os custos operacionais e, por isso, devendo constar na matriz de custo operacional dos serviços (Galvão Júnior e Silva, 2006).

Ademais, as agências reguladoras devem garantir condições de igualdade e transparência no acesso aos serviços, bem como nas relações contratuais, protegendo a sustentabilidade econômico-financeira, infraestrutural e operacional dos sistemas, independentemente do seu caráter público ou privado, municipal ou multimunicipal (ERSAR, 2013).

Para alcançar esses objetivos, Carinhas (2010) acredita ser de fundamental importância a criação de incentivos para o uso eficiente dos recursos hídricos para que se passe a caminhar no sentido da sustentabilidade por meio da economia de água, o controle do acesso aos recursos disponíveis entre outros.

De acordo com o SNIS (2013), atualmente, as principais fontes de investimento disponíveis para o setor de saneamento no Brasil são recursos onerosos sob a gestão do Governo Federal – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) – assim como os derivados de empréstimos internacionais, adquiridos junto às agências multilaterais de crédito, como, por exemplo, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial (BIRD). Há, também, a possibilidade de angariar recursos não onerosos, oriundos do Orçamento Geral da União (OGU) – disponibilizados por meio da Lei Orçamentária Anual (LOA) – e de orçamentos dos Estados e municípios.

Além dos recursos de terceiros, é possível, igualmente, utilizar recursos próprios dos prestadores de serviços, os quais resultam da cobrança pelos serviços.

Segundo a ABES (2013), os investimentos destinados ao saneamento no Brasil, em torno de 0,2% do PIB nos últimos anos, apresentam-se insuficientes, ficando abaixo, inclusive de muitos países da América Latina. Para a Associação, o percentual ideal a ser praticado deveria estar na casa dos 0,4% do PIB ao ano a fim de se alcançar a estimativa de R\$300 milhões necessários para suprir todas as carências do setor até 2033. Caso, os atuais patamares de investimentos sejam mantidos, prevê-se o alcance da universalização somente por volta de 2053.

### 3.6 - MAPA CONCEITUAL

A ferramenta denominada mapa conceitual, muito utilizada nas atividades de ensino/aprendizagem, insere-se como um satisfatório auxílio para o levantamento das relações existentes entre os SAAs, os demais componentes do saneamento, meio ambiente, ocupação do solo e as mais diversas atividades humanas, conforme discutido no item 3.4 deste trabalho.

Mapas conceituais são representações bidimensionais de uma rede de conceitos e suas relações (Moreira, 1984; Moreira, 1997; Williams, 1998; Nathan, 2004; Ruiz-Primo, 2004; Kaya, 2008, *apud* Bartasson, 2012).

Segundo Caldas (2012), tais representações contribuem para a compreensão de determinadas características, fluxos e organizações de elementos inter-relacionados do objeto central em estudo ao utilizar um raciocínio qualitativo na sua construção.

Mapas conceituais impulsionam o desenvolvimento de pensamento sintético e criativo e, para isso, o método segue quatro passos básicos conforme Gardner (2006, *apud* Correia, Infante-Malachias e Godoy, 2008):

- Proposição: Bloco de construção do mapa conceitual. Unidade semântica formada por “conceito inicial + frase de ligação + conceito final”.
- Questão focal: meta final para ser endereçada por uma rede relacional. Elemento crítico para selecionar as mais relevantes proposições e manter o mapa claro (compreensível).
- Revisão: característica dinâmica de qualquer mapa conceitual, o qual nunca é finalizado. Decorre do fato da resposta “certa” ainda não ter sido encontrada, pelo contrário, é continuamente perseguida.
- Hierarquia: ajuste estrutural do mapa. Ajuda a organizar conceitos de acordo com sua pertinência e torna todo o mapa mais limpo para o leitor.

Caldas (2012) acrescenta que os mapas conceituais constituem-se em ferramentas adequadas para mesclar o conhecimento técnico com o popular, facilitando a criação de um entendimento comum e fortalecendo as negociações nos processos de tomada de decisão ao instrumentalizar os *stakeholders* – atores sociais que têm interesse e são influenciados pelos processos avaliados.

Para Du Toit *et al.* (2011), o emprego da técnica de construção de mapas conceituais com diferentes atores pode não ser capaz de fazer com que grupos antagônicos trabalhem junto, porém, ao menos, a construção desses mapas com a participação de múltiplos *stakeholders* faz que se identifiquem os pontos congruentes e divergentes de interesse no grupo e isso pode trazer uma melhor colaboração e mais efetividade para a decisão coletiva.

Outra grande contribuição do uso de mapas conceituais, para Bastos (2002), constitui-se na construção de metáforas que pode auxiliar no alinhamento e sintonia em ambientes

complexos em que nem todos os detalhes são facilmente perceptíveis. Por meio desses instrumentos, é possível articular o que é importante a depender dos valores estabelecidos, interesses compartilhados e entendimento comum da questão.

Apesar de o uso de mapas conceituais ainda ser muito limitado, acredita-se que a ferramenta pode contribuir para a democratização e descentralização de temas complexos, já que confere e enaltece o caráter de interdependência a processos, normalmente tratados individualmente, abordando-os dentro de um conjunto de diversos processos igualmente interdependentes e intrincados (Bartasson, 2012).

Caldas (2012), que desenvolveu um trabalho utilizando mapa conceitual aplicado à gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, defende a utilização dos modelos sistêmicos derivados do PER (Pressão – Estado – Resposta) para a construção de indicadores, como, do inglês, DPSIR (*drivers, pressures, state, impacts, responses*) que é especialmente adequado para evidenciar as interações entre o ambiente e o desenvolvimento socioeconômico por orientar a coleta estruturada de informações.

Posthumus e Morris (2006, *apud* Caldas, 2012) desenvolveram um exemplo prático de uso de mapas conceituais associado à estrutura DPSIR na gestão da água. Os autores coletaram informações de agricultores de três bacias hidrográficas do Reino Unido por meio da realização de entrevistas semiestruturadas a respeito de: políticas agrícolas; ligações entre a gestão do espaço rural e o escoamento da água; e os condutores de práticas de manejo da terra. Posteriormente, realizou-se uma oficina exploratória das relações entre a gestão da terra e geração de escoamento, bem como as melhores formas de promover práticas de gestão de solos, reduzindo o escoamento.

Do estudo, concluiu-se que a utilização de mapas conceituais, aliada às orientações do DPSIR, além de facilitar o levantamento e entendimento de todas as questões relevantes envolvidas no fenômeno observado, favoreceu a ocorrência de *insights* sobre o problema, quando os autores do trabalho passam a identificar as relações existentes entre as ações e consequências sob a perspectiva dos diferentes atores sociais existentes na rede inter-relacional levantada.

Segundo Caldas (2012), ainda que o enfoque DPSIR venha sendo utilizado pela União Europeia em processos de inclusão da participação comunitária no manejo de recursos hídricos, seu uso conjunto com os mapas conceituais ainda é muito incipiente. Apesar disso, neste trabalho, o mapa conceitual será empregado como norteador para a seleção de indicadores existentes e proposição de novos indicadores na busca por uma abordagem integrada do desempenho dos sistemas de abastecimento de água.

Desse modo, o emprego do mapa conceitual configura-se bastante útil ao levantamento de aspectos importantes para os quais se necessita conhecer e monitorar – por meio de indicadores, por exemplo – a fim de se obterem informações suficientes e abrangentes acerca do desempenho do SAA avaliado sob uma ótica integral (sem priorizar aspectos em detrimento de outros).

É importante ressaltar que, embora, conforme algumas experiências citadas, o mapa conceitual tenha sido utilizado como uma ferramenta de apoio à participação de diferentes atores envolvidos, o mesmo também pode resultar de um processo reflexivo do autor acerca do tema central.

O tema “indicadores” será mais detalhadamente abordado no item a seguir.

## 3.7 - INDICADORES

### 3.7.1 Conceito, histórico e formas de utilização

Indicador é uma ferramenta empregada na transmissão de informações sobre o estado de determinado alvo observado. Sua utilidade torna-se mais evidenciada pela capacidade de análise e acompanhamento de fenômenos até mesmo não detectáveis em termos imediatos, tendo um significado maior que o fornecido pela observação direta, expressa por gráficos ou formas estatísticas.

A representatividade de um conjunto de dados, informações e conhecimentos acerca de determinado fenômeno, torna o indicador capaz de expressar e comunicar, de maneira simples e objetiva, as características essenciais (como ocorrência, magnitude e evolução, entre outros aspectos) e o significado (como os efeitos e, por exemplo, a importância socioambiental associada) desse fenômeno aos tomadores de decisão e à sociedade em geral.

Segundo Adriaanse (1993), indicadores são importantes na melhoria da comunicação entre os decisores políticos e a sociedade, constituindo-se em um facilitador para discussões de temas complexos sobre os quais há a necessidade de um consenso social acerca da estratégia de sua abordagem. Sua adoção envolve a perspectiva do acompanhamento, ao longo do tempo, de cada fenômeno, no sentido de avaliar o progresso ou o retrocesso em relação a critérios pré-definidos.

De acordo com Alegre *et al.* (2006), muitas técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para a avaliação do cumprimento de objetivos preestabelecidos (manuais, especificações, inventários, metas, orçamentos, etc.), porém uma das principais técnicas é o controle ou auditoria gerencial baseada em indicadores de gestão.

Existem aspectos importantes que devem ser considerados na definição e utilização dos indicadores. Alguns desses aspectos foram definidos por OCDE (2002) e, sob o enfoque no desenvolvimento sustentável, por Barrera-Roldan e Saldívar-Valdez (2002). São eles:

1. existência de dados estatísticos;
2. disponibilidade e confiabilidade das fontes de informação;

3. os conjuntos de indicadores não são completos;
4. os conjuntos de indicadores evoluem no tempo;
5. a medição dos indicadores tende a reduzir a incerteza, mas não a elimina;
6. medições do desempenho implicam a necessidade de estabelecer objetivo;
7. os indicadores devem considerar particularidades relativas às características locais, culturais e institucionais;
8. representação dos componentes social, econômico e natural;
9. abordagem integrada, que integre e inclua aspectos qualitativos e quantitativos.

Os indicadores quantitativos, segundo o entendimento de Veleva e Ellenbecker (2001), devem identificar quatro parâmetros chave: a unidade de medida; o tipo de medida (absoluta ou relativa); o período da medida e a abrangência da medida.

Já os indicadores qualitativos, também segundo Veleva e Ellenbecker (2001), exigem um referencial de certo modo subjetivo, porém com critérios bem delimitados que permitam avaliá-los, para a sua clara definição.

Transportando-se a discussão desses conceitos para a avaliação de sistemas de abastecimento de água, nota-se que todos os critérios até então apresentados são gerais e reaplicáveis ao caso particular.

O marco legal do saneamento no País, a Lei 11.445/2007, considerou de suma importância a definição e utilização de indicadores como forma de acompanhamento do desenvolvimento do setor. Sendo assim, essa lei estabeleceu a utilização de sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos, de modo a efetuar um diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida e apontar as causas das deficiências detectadas.

A referida lei também instituiu que a entidade reguladora deverá editar normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços, por meio da definição de padrões e indicadores de qualidade de sua prestação. Além disso, foi instituído o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA – o qual deverá disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico.

Conforme Galvão Júnior e Silva (2006), os serviços de abastecimento de água e de esgotos sanitários, independentemente do tamanho do sistema, são compostos de atividades e de responsabilidades, geralmente complexas, que requerem mão de obra especializada, investimentos diários e de longa maturação e despesas e ações de natureza contínua. Dentro dessa complexidade, os indicadores devem, então, principalmente identificar, com antecedência, a saturação, necessidades de ampliações, adequações ou implantação de novas estruturas nesses sistemas, etc.

No caso dos SAAs, Galvão Júnior e Silva (2006) consideram a necessidade de se utilizarem indicadores de produção, distribuição e qualidade da água distribuída para a composição de um conjunto satisfatório. Além disso, por estarem fortemente interligados ao conceito de sustentabilidade ambiental, torna-se bastante desejoso acompanhar os sistemas de abastecimento de água com o emprego de indicadores relacionados a todas as dimensões da sustentabilidade ambiental: ecológica, econômica, política, social, etc.

A sustentabilidade ambiental desses sistemas, segundo Miranda e Teixeira (2004), é de extrema importância para promover o aumento da qualidade de vida da população, garantindo saúde, acesso ao serviço, melhorias nos sistemas, entre outros fatores. Portanto, os conceitos trazidos pela sustentabilidade ambiental podem embasar, ou ao menos auxiliar, tanto a escolha de indicadores como a definição dos critérios a serem empregados na avaliação de desempenho dos SAAs.

Contudo, a sustentabilidade como parte integrante do desenvolvimento torna-se um desafio na lógica de formulação e implementação das intervenções públicas, já que representa uma mudança de conduta dos agentes econômicos e governamentais e requer a busca pela equidade na distribuição dos benefícios econômicos e ecológicos, o consenso social dos seus propósitos econômicos e a prudência na apropriação dos recursos hídricos (Acsehrad, 1993; Sachs, 1993).

Diversas iniciativas no mundo discutem metodologias para o estabelecimento de indicadores, as quais, segundo OCDE (2002), baseiam-se no desenvolvimento de modelos lógicos que podem estar fundamentados na economia (modelo contábil); no bem-estar

ambiental, humano ou de ambos (modelo pirâmide); na interação causa e efeito (sistêmico); dentre outros.

Na busca pela elaboração de indicadores de sustentabilidade ambiental, têm-se considerado os modelos que expressam o encadeamento das relações causa-efeito mais representativos (Marinho *et al.*, 2006).

De acordo com Marinho *et al.* (2006), a estrutura lógica dessa sistematização tem considerado como modelo básico a concepção conhecida como Pressão–Estado–Resposta (PER) que, na tentativa de vencer falhas e limitações, vem, ao longo do tempo, agregando outros fatores e derivando-se em outras concepções, tais como: Força Motriz–Situação–Resposta (FMSR); Força Motriz–Pressão–Situação–Impacto–Resposta (FMPSIR ou do inglês DPSIR); Pressão–Estado–Impacto–Resposta (PEIR) e Pressão–Estado–Resposta–Efeitos (PERE).

O modelo PER baseia-se na lógica de que as pressões correspondem às atividades humanas que interferem no ambiente, afetando a sua qualidade, e de que a sociedade responde a essas mudanças adotando políticas ambientais, econômicas e setoriais (Veleza e Ellenbecker, 2001).

Desse modo, de acordo com esse modelo, os indicadores devem ser organizados em três eixos: indicadores de pressão, que expressam as intervenções sofridas pelo alvo observado e resultam das atividades humanas; indicadores de estado, que expressam a situação ou estado atual do fator observado decorrente das pressões antrópicas; e indicadores de resposta, que expressam as ações preventivas e mitigadoras desenvolvidas para combater as pressões ou efeito das mesmas.

Segundo Schneider *et al.* (2010), a escolha de um sistema adequado de indicadores proporciona uma visão integrada do funcionamento dos serviços de saneamento e expõe suas fragilidades e potencialidades. Tal medida favorece a avaliação dos fatores que orientam as ações para o setor, tais como: pressões resultantes do contexto demográfico, o impacto na saúde pública e as respostas dos atores envolvidos.

Para Schneider *et al.* (2010), o uso do modelo PER (ou PEIR) permite visualizar: a pressão (P) exercida, com indicadores do número de pessoas em situação de vulnerabilidade social (demanda) que necessitam ser atendidas pelos serviços; e a capacidade do sistema de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em relação a recursos financeiros, recursos humanos e tecnologia; o estado (E) se refere à qualidade ambiental; e o desempenho da infraestrutura de saneamento existente; o impacto (I), a partir de indicadores de bem estar da população; e de resposta (R), com indicadores de esforços para melhoria da situação, como estabelecimento de políticas, e gestão voltadas às pressões identificadas, investimentos em capacitação, informação, infraestrutura etc.

Entre as vantagens do modelo PER estão a simplicidade e facilidade de sua aplicação, bem como a possibilidade de evidenciar os elos causais entre o meio físico-natural e o meio social, e de, assim, fazer os tomadores de decisão e o público perceberem a interdependência entre as questões envolvidas.

Por outro lado, ao considerar a concepção das cadeias causais, o sistema PER impõe uma lógica linear e a necessidade de simplificação de questões complexas.

O principal desafio dessa sistematização é estabelecer indicadores que permitam correlações objetivas ao longo da cadeia de relações de causa e efeito, integrando as distintas fases do processo de intervenção intrínseco aos sistemas de abastecimento de água.

### **3.7.2 Experiências de seleção de indicadores, métodos e aspectos considerados**

Por permitir ajustes e derivações comparativas entre nações, regiões, localidades e setores, o modelo PER pode ser utilizado como uma concepção de referência teórica básica, como demonstram algumas iniciativas adotadas em diversos países (Marinho *et al.*, 2006).

No Brasil, Silva (2006) utilizou o sistema de indicadores de sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (2000) – associado ao modelo PER – para analisar o processo de gestão das águas em Unai (MG).

Schneider *et al.* (2010) demonstraram, em seus estudos, que fatores associados à gestão das prestadoras de serviço de água e esgoto e ao arranjo político-regulatório do setor dificultam

o alcance do objetivo de universalização desses serviços. Ao mesmo tempo, verifica-se uma lacuna no que se refere à existência de indicadores para avaliar essa dificuldade, principalmente enfrentada pelas áreas urbanas e periurbanas, e orientar a sociedade, empresas e governo na tomada de decisão, visando a reduzir o déficit no setor de saneamento com prioridade para essas populações em situação de maior vulnerabilidade social e ambiental.

Segundo Schneider *et al.* (2010), os atuais sistemas de informação em saneamento do Brasil carecem ainda de enfoque integrado, seja na perspectiva das dimensões socioeconômica e ambiental, seja na perspectiva de integração dos serviços urbanos.

Caldas (2012), que estudou a gestão de recursos hídricos, assunto com que os SAAs estão diretamente relacionados, acredita que, por meio da análise das formas de pressão, impacto, conservação e representatividade dos vários usuários, é possível desenvolver uma compreensão de suas formas de apropriação, uso, manejo e participação popular na tomada de decisões em assuntos atinentes à água. Enquanto que Giupponi (2002, *apud* Caldas, 2012) considera que a estrutura DPSIR provou ser suficientemente ampla para permitir a formalização de todo o processo de tomada de decisão no âmbito da gestão sustentável da água.

Além da sustentabilidade ambiental, que já envolve as dimensões econômicas, financeiras, ecológicas, sociais e políticas, é preciso conferir, à análise da escolha dos indicadores, as perspectivas dos sistemas de abastecimento de água enquanto prestadores de um serviço público de caráter essencial, conforme a Constituição Federal do Brasil.

Segundo Vieira e Baptista (2008), a avaliação de um programa público requer indicadores que possam dimensionar o grau de cumprimento dos objetivos dos mesmos (eficácia), o nível de utilização de recursos frente aos custos em disponibilizá-los (eficiência) e a efetividade social ou impacto do programa.

Para Alegre *et al.* (2006), na definição de um conjunto de indicadores para a avaliação de sistemas de abastecimento de água, é importante não perder de vista os objetivos fundamentais de se controlarem e explorarem esses sistemas, quais sejam: controle do grau de aproveitamento dos recursos disponíveis (água, energia, capital, infraestruturas); controle

da qualidade de água consumida e do serviço prestado aos usuários (consumidores); e controle dos custos de operação e manutenção do sistema.

Esses objetivos permeiam-se pela lógica de que se deve buscar a maior satisfação de um maior número de usuários e entidades envolvidas, com o melhor uso possível dos recursos disponíveis (Alegre *et al.*, 2006).

Estudo realizado em Jaboticabal, Estado de São Paulo, selecionou critérios de sustentabilidade ambiental e, em seguida, indicadores para a representação e avaliação dos critérios anteriormente selecionados. A metodologia baseada na constituição de dois grupos (restrito e ampliado à população) levou à seleção de indicadores que expressam as características de sustentabilidade ambiental dos sistemas de água e esgoto na região (Miranda e Teixeira, 2004).

Para facilitar o processo de seleção dos indicadores mais apropriados, a metodologia fez uso de pesos variando entre 0, 1 e 2. A atribuição do valor “0” significa que o indicador não atende a determinado critério; o valor “1”, que o indicador atende pouco ao critério e, finalmente, o valor “2” aponta que o indicador atende plenamente ao critério. A Tabela 3.3 apresenta a matriz utilizada pelo estudo para contrapor os indicadores aos critérios previamente selecionados e, assim, identificar aqueles que, conforme esses critérios pré-estabelecidos, são os mais relevantes para os sistemas de água e esgoto de Jaboticabal/SP (Miranda e Teixeira, 2004).

Tabela 3.3– Matriz de avaliação proposta (Miranda e Teixeira, 2004)

Indicadores	Critérios					Total
	Representatividade	Comparabilidade	Coleta de Dados	Clareza e Síntese	Previsão e Metas	
Números de campanhas educacionais ligadas à água	0					0
Consumo de água por habitantes	2	2	2	2	2	10
Perdas de água no sistema de água	2	2	1	1	2	8
Número de pontos de lançamento de esgotos não tratado em corpos d'água	2	2	1	2	2	9
Número de ligações de água pluvial em rede de esgoto, causando retorno	0					0
Presença de caixa de retenção de gordura nas residências	0					0
Percentual de reutilização de água residuária em residências	0					0
Percentual de residências com falta de água	2	2	2	2	2	10
Número de casos de doenças por veiculação hídrica	1	1	1	1	2	6
Número de vazamentos de esgoto na rede coletora	2	0	0	1	1	4
Número de poços artesianos	0					0
Vazão dos rios para a captação	2	2	2	2	2	10
Frequência de limpeza de caixa d'água	2	2	0	2	1	7
Número de trabalhadores que limpam caixas d'água	0					0

Segundo Miranda e Teixeira (2004), da aplicação da matriz, selecionaram-se nove indicadores: consumo de água per capita; número de interrupções nos sistemas urbanos de água e esgoto; vazão dos rios para captação; número de pontos de lançamento de esgoto *in natura* e carga poluidora; percentual de perdas no sistema; frequência de limpeza de caixas d'água residenciais; número de casos de doenças de veiculação hídrica; número de vazamentos de esgoto; e existência de conselho de gestão de recursos hídricos.

Após essa etapa, os indicadores selecionados pela matriz foram distribuídos entre as dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica, social, cultural e política) a fim de verificar a ocorrência de lacunas. Em seguida, foram adicionados ao conjunto mais quatro indicadores complementares que, embora não tenham sido atribuídos às dimensões de sustentabilidade, foram considerados importantes pelo grupo participante: desconformidades

com o padrão de potabilidade; desconformidade com o enquadramento de corpos d'água; quantidade de produtos químicos para cada 1000 m<sup>3</sup> de água tratada; e abordagem do tema água no ensino de forma ampla, totalizando-se treze indicadores selecionados no estudo (Miranda e Teixeira, 2004).

Shubo (2003) apresentou uma relação de indicadores para sistemas de água e esgoto que foram construídos por meio da utilização da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) desses sistemas. O resultado é apresentado na Tabela 3.4:

Tabela 3.4– Indicadores de sustentabilidade ambiental para sistemas de água e esgoto (Shubo 2003, modificado)

<b>Dimensão</b>	<b>Indicadores de Sustentabilidade Ambiental</b>
Captação	Captação anual de água / volume disponível anual
Consumo de água	Uso per capita por dia
Tratamento	Consumo de produtos químicos e energia para suprimento de água
Distribuição	Perdas (água não contabilizada / produção de água)
Reuso de água	Volume de água reutilizada
Produção	Produção diária de água
Eficiência do tratamento	Remoção de DBO <sub>5</sub> , P e N
Cargas afluentes	Carga de DBO <sub>5</sub> , P e N
Fonte de uso	Produtos químicos e energia utilizada para o tratamento do esgoto
Reciclagem de nutrientes	Quantidade de P e N reciclada
Qualidade do lodo	Concentração de Cádmium no lodo
Recuperação de energia	Energia recuperada, aquecimento e energia

Carvalho (2013) fez o levantamento dos principais conjuntos de indicadores formulados para os serviços de saneamento e utilizados no Brasil e no mundo. Segundo ele, o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – transformou-se no maior e mais importante banco de dados do setor de saneamento no Brasil desde 1995, quando foi criado. Há, também, no âmbito nacional, o sistema de indicadores da ABAR – Associação Brasileira de Agências Reguladoras – que propôs um conjunto de indicadores para regulação do saneamento, a ser utilizado por todas as agências reguladoras.

No Brasil, destacam-se também o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS), que recompensa as empresas envolvidas no setor por utilizarem indicadores bem como por promoverem outras práticas de melhoria para o setor, e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do IBGE, que teve como objetivo investigar as condições de saneamento básico (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana) de todos os municípios brasileiros para o ano de referência 2008, desagregando os dados até o nível distrital (Carvalho, 2013).

Segundo Miranda (2006) *apud* Carvalho (2013), o SNIS contém informações de caráter operacional, gerencial, econômico, financeiro e de qualidade, tendo como principais objetivos contribuir para: o planejamento e execução de políticas públicas; a orientação da aplicação de recursos; a avaliação de desempenho dos serviços; o aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia; a orientação de atividades regulatórias; e o *benchmarking* e guia de referência para medição de desempenho.

Sendo assim, o SNIS, que será a principal base para o futuro Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico, SINISA (lei 11.445/2007), apresenta quatro dimensões onde os indicadores propostos inserem-se: econômico-financeira e administrativa; operacional; balanço e qualidade.

Conforme Carvalho (2013), o sistema adotado pela ABAR distribui os indicadores em três dimensões conceituais: indicadores operacionais; indicadores de qualidade; e indicadores econômico-financeiros. Já, na esfera da PNQS, consideram-se, para o componente abastecimento de água, as dimensões: econômico-financeira, clientes e mercado, sociedade, pessoas, processos e fornecedores.

No âmbito internacional, Carvalho (2013) destacou os sistemas *International Water Association* (IWA), Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal / Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (IRAR/ERSAR), *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET), Cooperação entre seis prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário de países escandinavos (*Six Cities Group*), *Water Service Association of Australia* (WSAA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Office of Water Services* (OFWAT).

De acordo com o trabalho de Alegre *et al.* (2004), o sistema IWA utiliza um conceito de indicadores de desempenho que prioriza os fatores controláveis pela operadora, deixando à parte, as variáveis exógenas que se alteram em decorrência de mudanças climáticas, por exemplo. No entanto, o conjunto de indicadores formulado por essa associação multinacional destaca-se por tornar mais compatíveis e comparáveis diferentes estudos realizados ao redor do mundo já que unificou critérios, conferindo uma definição mais clara e consensual entre as entidades envolvidas.

Com o intuito de regular e avaliar a qualidade dos serviços prestados aos usuários, o Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal (IRAR), de acordo com Vieira e Baptista (2008), adotou um sistema derivado do IWA que conta com 20 indicadores de desempenho para cada área de atividade (abastecimento público de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos sólidos urbanos), agrupados em três dimensões:

- indicadores ligados ao nível de satisfação dos usuários, diretamente relacionados à qualidade do serviço prestado e diretamente sentida por esses;
- indicadores que traduzem a sustentabilidade da entidade gestora, relacionados a sua capacidade econômica e financeira, de infraestrutura, operacional e de recursos humanos; e
- indicadores que traduzem a sustentabilidade ambiental, relacionados ao impacto ambiental da atividade da entidade gestora, em termos de conservação dos recursos naturais.

Ainda conforme Carvalho (2013), a IBNET é uma iniciativa promovida pelo Banco Mundial que apoia e promove a prática do *benchmarking* entre os serviços de água e esgotos em todo o mundo, segregando os indicadores enviados voluntariamente por diversos países em seis principais dimensões: cobertura do serviço; desempenho da rede; custos operacionais e recursos humanos; qualidade do serviço; faturamento e cobrança; e desempenho financeiro.

No *Six Cities Group*, foi criado um sistema de indicadores de desempenho (ID) estruturado em seis dimensões: satisfação do cliente; qualidade; confiabilidade; ambiente; organização e recursos humanos, e economia. O sistema da WSAA, da mesma forma, promove um *benchmarking*, dividindo, também, os indicadores em seis dimensões: recursos hídricos; dados da empresa; usuários; indicadores ambientais, e indicadores financeiros e tarifas.

Outro sistema que também promove o *benchmarking* é o da AWWA que considera quatro dimensões: desenvolvimento institucional; relações com os clientes; operações empresariais, e operações – abastecimento de água. Por fim, destaca-se o sistema da OFWAT que, de forma obrigatória, recebe, das entidades reguladoras da Inglaterra e País de Gales, indicadores distribuídos em quatro dimensões – distribuição de água; esgotamento sanitário; serviços ao consumidor e impactos ambientais (Carvalho, 2013).

Diante da extensa gama de aspectos e vertentes a serem considerados na escolha de indicadores para a avaliação de sistemas de abastecimento de água, é necessário selecionar os mais representativos para os objetivos que se deseja alcançar, de modo a tornar a análise factível e, na medida do possível, aplicável a outras situações.

### **3.7.3 Algumas observações sobre indicadores**

Embora não havendo total correspondência entre os indicadores e critérios utilizados, tanto Alegre *et al.* (2004) e Silva *et al.* (1998) quanto Miranda (2002) categorizaram os indicadores existentes para SAA de acordo com o nível de dificuldade para obtenção dos dados que os compõem e com a finalidade a que se destinam pela seguinte maneira: indicadores básicos, intermediários e avançados.

Os indicadores tidos como básicos correspondem, de forma geral, àqueles mais simples e tradicionais – advém de informações técnicas triviais e são utilizados por quase a totalidade dos sistemas. Os classificados como intermediários são aqueles que exigem maior refinamento para sua determinação. Já os considerados avançados envolvem os indicadores que demandam considerável esforço para sua determinação, uma vez que derivam de informações que necessitam de monitoramento e controle operacional.

A respeito dos indicadores de perdas, constatou-se a impossibilidade de se obterem valores fidedignos das chamadas perdas reais e perdas aparentes, sendo possível, ao nível de controle existente nos sistemas de abastecimento de água encontrados no Brasil, apenas a indicação das perdas totais, estimando-se o percentual desse total que correspondem às perdas reais e às aparentes (Miranda, 2002).

Em um SAA, perda é toda água disponibilizada não utilizada. Em termos de unidade, as perdas são mais comumente apresentadas em percentual ou com relação a algum fator de escala, como extensão da rede ou números de ligações ou economias (Tsutiya, 2006).

No intuito de minimizar o descontrole envolvido em torno dos valores fornecidos pelos indicadores de perdas empregados no Brasil, utilizam-se, muitas vezes, indicadores complementares, os quais também podem ser considerados básicos ou intermediários. A exemplo de indicador complementar básico, tem-se a hidrometração, a oferta de água bruta por economia, etc. Dentre os complementares intermediários, encontram-se, basicamente, as perdas físicas em unidades a montante do tratamento (Miranda, 2002).

No grupo dos indicadores tidos como avançados, foram alocados os indicadores que determinam as perdas reais por intermédio do monitoramento da pressão de operação da rede. Entre esses, destaca-se o indicador de vazamentos da infraestrutura, conhecido por índice infraestrutural de fugas, do inglês, *Infrastructure Leakage Index*.

Esse indicador, proposto por Lambert *et al.* (1999), representa a maior inovação para o cálculo das perdas físicas em sistemas de abastecimento de água. Nele, embute-se o conceito de Perdas Reais Mínimas Inevitáveis (PRIM), cuja determinação leva em consideração a extensão total da rede, quantidade de ramais e seu comprimento médio, além da pressão média da rede.

De acordo com esse conceito, é impossível eliminar todas as perdas de uma rede de distribuição, mesmo com o emprego de um gerenciamento ótimo. Essa perda mínima ocorre através das juntas das tubulações, falhas do material empregado, rompimentos em locais de difícil acesso, etc. e, conforme Alegre *et al.* (2004), podem ser calculadas por meio da fórmula apresentada a seguir que resulta na melhor estimativa do valor mínimo de perdas tecnicamente atingível.

$$(18 \times L / N + 0,7 + 0,025 \times C) \times (P / 10)$$

Equação das Perdas Reais Mínimas  
Inevitáveis – PRIM (L/ramal/dia).

Onde:

L = extensão total da rede de distribuição (Km);

N = número de ramais;

C = comprimento médio dos ramais (m); e

P = Pressão média na rede (KPa).

Como o índice infraestrutural de fugas é composto pelo quociente entre as perdas ocorridas no SAA e as PRIM, valores próximos a 1,0 (um) representam um bom nível de gerenciamento da infraestrutura, já quanto mais esse índice se afasta do valor unitário, piores são as condições apresentadas.

Conforme Miranda (2002), para efeito de cálculo, a determinação da pressão média de operação da rede pode ser realizada por meio de sua aferição em pontos estratégicos e, posteriormente, extrapolada para os arredores, quando o sistema é de pequeno porte ou apresenta as zonas de pressão bem definidas em decorrência de uma topografia pouco variável.

Nos casos onde a topografia é consideravelmente irregular, Miranda (2002) recomenda a adoção da média ponderada da pressão para o cálculo do índice infraestrutural de perdas, sendo o consumo ou a população abastecida o fator de ponderação a ser utilizado.

Em virtude da dificuldade ou falta de pessoal, equipamento apropriado ou até mesmo de hábito, no Brasil, não é praticado o monitoramento da pressão nos SAAs. A falta dessa prática torna-se um empecilho para a adequada determinação do índice infraestrutural de perdas, que passa a depender de uma estimativa confiável da pressão na rede para seu cálculo.

Diante da dificuldade para aplicar indicadores mais precisos, muitas vezes, opta-se pela utilização de parâmetros alternativos para a determinação da perda de água como o volume de água não faturado. Miranda (2002) destacou que os indicadores que traduzem as perdas de faturamento não são satisfatoriamente representativos das perdas ocorridas no SAA em razão do emprego de medidas alternativas para a realização da fatura quando da existência de problemas.

No Brasil, essas medidas alternativas constituem-se, normalmente, na adoção da média dos últimos 6 ou 12 meses ou adoção de um volume fixo estimado, o que mascara a perda de água devido a parte do volume faturado não representar o volume real consumido.

Dessa maneira, a seleção de indicadores para a aferição do desempenho de SAA configura-se em uma atividade que deve ser cuidadosa, demandando levar em consideração detalhes e exceções só obtidos a partir do conhecimento aprofundado do funcionamento desses sistemas. Como todo conjunto de indicadores é algo dinâmico, deve ser atualizado conforme o aprofundamento do domínio sobre os SAAs e avanço das tecnologias.

Diante de tantas recomendações, exemplos e aspectos diferenciados a serem considerados para a formulação de um conjunto de indicadores de avaliação de desempenho para sistemas de abastecimento de água adequado, acredita-se que o emprego do mapa conceitual, abordado no item anterior, configura-se como um grande auxílio na orientação de tal seleção, já que a ferramenta ajuda tanto no levantamento de aspectos diretamente relacionados quanto no levantamento daqueles que não são instantaneamente associados aos SAAs, contribuindo para a identificação dos aspectos importantes, no contexto de uma abordagem abrangente e sistêmica desses sistemas.

### 3.8 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Uma das formas mais simples de se comparar alternativas para a realização de determinada ação constitui-se na análise custo-benefício, em que, como o próprio nome indica, considera os custos envolvidos na execução de cada alternativa com relação às benesses produzidas pela mesma. Entretanto, diante do surgimento de problemas mais intrincados, constituídos por elementos de valoração subjetiva, viu-se a necessidade de aplicar métodos mais complexos e abrangentes de apoio à tomada de decisão (Côrtes, 2009).

Notou-se a existência de questões multiobjetivo, as quais estão atreladas a situações onde o ideal seria atingir diversos objetivos conflitantes entre si, significando que o alcance de um só ocorre em detrimento de outro.

Para a resolução dessas questões, segundo Mendonça (2009), começou-se a transformar os objetivos em critérios de julgamento, dando origem aos denominados métodos multicritério, os quais conduzem e auxiliam no processo de tomada de decisão em cenários multiobjetivo onde também podem existir múltiplos decisores.

Essas questões – para as quais não há uma solução certa e sim uma considerada mais adequada sob determinada ótica (solução de melhor compromisso ou solução mais robusta) – demandaram a incorporação de fatores que não podem ser valorados financeiramente para que sejam considerados na análise custo-benefício.

Desse modo, de acordo com Schmidt (1995), as abordagens multicritério foram desenvolvidas para a solução de problemas que incluem aspectos qualitativos e quantitativos, tendo, como fundamento, o pensamento de que os dados subjetivos, representados em grande parte pela experiência e o conhecimento das pessoas, é tão valioso para a tomada de decisão quanto são os dados objetivos levantados em torno da questão.

De acordo com Côrtes (2009), as abordagens multicritério representam formas de orientar os processos decisórios em situações onde eventos desconhecidos podem afetar os resultados e há distintos cursos de ação para chegar aos possíveis resultados, refletindo o juízo de valores dos decisores e funcionando como uma base para a discussão.

Segundo Fernandes (1996), a análise multicritério é bastante útil para a comparação de alternativas de projetos e políticas, já que identifica as ações mais eficazes e as que devem ser modificadas, apontando o grau de impacto do resultado.

Para Soares (2003), a tomada de decisão por meio de análise multicritério melhora a transparência do processo e evidencia a responsabilidade do decisor como, também, permite considerar um grande número de dados, interações e objetivos que são avaliados de forma integrada.

Souza *et al.* (2001) *apud* De Paula (2013) consideram a análise multicritério bastante apropriada à tomada de decisão na área do saneamento em que boa parte dos problemas é caracterizada por vários tipos e níveis de incerteza, diversos objetivos multidimensionais, dificuldade na identificação do decisor e uma estrutura sofisticada de alternativas, que, frequentemente, combina várias ações elementares com vários horizontes de planejamento (curto, médio e longo prazos).

Entretanto, a análise multicritério também apresenta desvantagens como a inexistência de um método único de aplicação que supra as deficiências de cada um dos possíveis métodos encontrados. Além disso, não há, em muitos casos, clara definição das situações que melhor se adequam a cada método. É preciso, então, realizar testes para verificar e selecionar, utilizando-se de experiência e bom senso, o método a ser empregado.

Uma das classificações dos métodos de análise multicritério se baseia no procedimento de agregação das preferências do decisor ou grupo de decisores em relação às ações potenciais, critérios e modo de avaliação desses. De acordo com Vincke (1992) *apud* Harada e Cordeiro Netto (1999), os métodos de análise multicritério podem ser classificados em aditivos, seletivos ou interativos.

Os métodos aditivos, também chamados de métodos de agregação a um critério único de síntese, são empregados quando as preferências dos decisores são representadas por uma função de utilidade ou valor, avaliadas por modelos aditivos, multiplicativos, entre outros. Esses métodos adotam o princípio da transitividade (Se “*a*” é preferível a “*b*” e “*b*” é preferível a “*c*”, então, “*a*” é preferível a “*c*”) e não admitem a incompatibilidade das ações potenciais. Segundo Gartner (2001), os métodos aditivos consideram, em geral, somente as situações de preferência e indiferença, o que resulta em ordenamentos totais das alternativas.

São exemplos de uso de modelo aditivo a definição de um índice de sustentabilidade de uma bacia hidrográfica de manancial, que envolveria diferentes dimensões (ambiental, econômica, operacional, etc.) e que, a partir de um operador matemático (somatório, produtivo, etc.), chegaria a uma avaliação agregada. Outro exemplo é o caso do IQA (Índice de Qualidade de Água), criado em 1970, nos Estados Unidos e amplamente utilizado para a avaliação da qualidade da água bruta, principalmente, com relação à contaminação por esgotos domésticos (Alves *et al.*, 2012).

Os métodos seletivos também são conhecidos como métodos de subordinação (do inglês *outranking*) ou métodos de sobreclassificação ou superação. Definido como uma relação binária, o método seletivo compara os argumentos prós e contras à hipótese de que determinada ação é, no mínimo, tão boa quanto outra, isto é, não é pior que a outra ou não se subordina à outra. Sua vantagem é permitir o tratamento da incomparabilidade entre as ações. As situações de incomparabilidade podem ocorrer na prática, devido à incerteza e imprecisão dos dados utilizados e pelas características próprias do tomador de decisão.

Sendo assim, os métodos seletivos podem considerar relações de preferência entre alternativas como fraca, forte, não comparabilidade ou indiferença, estabelecendo uma hierarquia entre ações sob os diferentes critérios adotados.

É importante destacar que uma relação *outranking* não necessariamente atende ao princípio da transitividade, resultando em nem sempre poder haver compensação entre critérios – um bom desempenho de uma alternativa com relação a determinado critério não implica em compensação de algum mau desempenho com relação a outro.

Já os métodos interativos não realizam a definição prévia das preferências do decisor, sendo as mesmas reveladas a partir da troca de informações entre facilitadores e decisores. Conforme Schmidt (1995), uma das vantagens de procedimentos interativos é o estabelecimento do processo de aprendizagem, que permite gerar consenso entre os indivíduos envolvidos com a técnica.

Para a resolução de questões ambientais, principalmente solução de problemas de gestão de recursos hídricos – que envolvem critérios em grande parte qualitativos e com definição prévia das preferências dos decisores – tem-se empregado bastante, segundo Gonçalves (2001), o método denominado por ELECTRE – *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*

(que em tradução livre para o português significa “eliminação e escolha refletindo a realidade”).

O ELECTRE é um método seletivo e, por isso, baseado em relações de superação que propõe uma hierarquização das ações, auxiliando a decidir sobre a solução que, mesmo sem ser ótima, pode ser considerada satisfatória ou mais adequada que as demais. Seus princípios são flexíveis e admitem que alternativas não sejam comparáveis entre si (princípio da incomparabilidade) e se sustentam em três conceitos fundamentais: concordância, discordância e valores-limite (*outranking*), utilizando um intervalo de escala para o estabelecimento das relações de troca na comparação de pares de alternativas (Gonçalves, 2001).

Vale ressaltar, entretanto, que, conforme Gartner (2001), os métodos ELECTRE envolvem conceitos complexos e requerem muitos parâmetros, como fatores de preferência, veto, indiferença e outros, para a construção dos limiares de discriminação, concordância e discordância que, muitas vezes, dificultam a interpretação e emprego do método.

Segundo De Paula (2013), a técnica original desenvolvida sob a denominação ELECTRE sofreu diversas adaptações ao longo do tempo, derivando-se em diferentes métodos: ELECTRE I, IS, II, III, IV e TRI.

A diferenciação desses métodos ocorre conforme suas problemáticas decisórias de referência  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ . A Tabela 3.5, a seguir, traz um resumo das características dessas tipologias consideradas para o método ELECTRE, segundo Maystre *et al.* (1994) *apud* Generino e Cordeiro Netto (1999).

Tabela 3.5 – Problemáticas decisórias de referência do método ELECTRE

<b>Problemática</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Procedimento</b>
$\alpha$ (alfa)	Escolha de um subconjunto contendo as melhores ações ou, na ausência dessa possibilidade, as satisfatórias.	Escolha	Seleção
$\beta$ (beta)	Triagem, por alocação, de ações em categorias predefinidas.	Triagem	Alocação
$\gamma$ (gama)	Definição, por ordenação completa ou parcial, de classes de equivalência, compostas por ações que se comparam entre si.	Sequência	Classificação
$\delta$ (delta)	Descrição, em linguagem apropriada, das ações e de suas consequências.	Explicitação	Descrição

Fonte: Maystre *et al.* (1994) *apud* Generino e Cordeiro Netto (1999).

O método ELECTRE TRI classifica as diversas alternativas para a solução de um problema, por meio da comparação de cada alternativa com referências fictícias (padrão ou ações de referência), estabelecidas de modo a delimitar as categorias de alocação propostas, isto é, pertence à família *beta*.

Logo, não há comparação das ações em estudo entre si no método ELECTRE TRI, como ocorre nas problemáticas *alfa* e *gama* (De Paula, 2013).

Assim, o método ELECTRE TRI se apresenta adequado para a avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água, objeto do presente estudo, já que interessa levantar as condições dos SAAs com relação às características que são consideradas ideais ou apropriadas, sem haver interesse de efetuar comparações entre um sistema e outro.

Expostos os pontos fundamentais em que se baseia a construção deste trabalho, apresenta-se, na sequência, a metodologia utilizada para a aplicação das ferramentas, conceitos e definições até então apresentados e discutidos.

## 4 - METODOLOGIA

Este trabalho desenvolveu-se por meio da realização das seguintes etapas: pesquisa bibliográfica, construção de mapa conceitual, seleção e proposição de indicadores, escalonamento dos indicadores, consulta a especialistas, idas a campo, aplicação do método ELECTRE TRI<sup>®</sup> de análise multicritério com os dados de municípios da RIDE DF e Entorno e verificação dos resultados.

A figura 4.1, no final deste capítulo, apresenta o diagrama que sintetiza os passos adotados para a realização deste trabalho.

Na etapa de pesquisa bibliográfica, deu-se enfoque à busca de informações importantes a respeito dos sistemas de abastecimento de água e suas interfaces, no intuito de levantar os aspectos que, de fato, relacionam-se com a avaliação de desempenho desses sistemas. Para isso, discutiram-se temas como plano de saneamento, qualidade da água, aspectos referentes à implantação, operação e manutenção desses sistemas, eficiência energética, preservação dos recursos hídricos, tarifas entre outros, dando início ao estabelecimento dos critérios a serem utilizados na avaliação dos SAAs.

A pesquisa bibliográfica se processou a partir da busca de referências em material científico – artigos, dissertações, teses e livros – principalmente, encontrados no Portal de periódicos da CAPES e nos sítios eletrônicos de instituições de ensino e pesquisa, assim como foram consultados, por meio de entrevista semiestruturada, alguns profissionais que atuam na operação dos sistemas de abastecimento de água, especialmente.

Além do levantamento de aspectos importantes acerca dos SAAs, a pesquisa bibliográfica também procurou trazer informações a respeito das principais ferramentas utilizadas neste trabalho, abordando conceitos e formas de uso a respeito de mapa conceitual, indicadores de desempenho e análise multicritério.

Em paralelo a esses levantamentos conceituais, realizou-se a caracterização da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE DF e Entorno), por meio, principalmente, de consulta ao SNIS – Sistema de Informações Sobre Saneamento. O

resultado da pesquisa bibliográfica é apresentado no Capítulo 3 – Base conceitual e fundamentação teórica.

Com a análise dos dados levantados, construíram-se diversas versões para o mapa conceitual de sistemas de abastecimento de água, aperfeiçoando cada versão em relação a sua anterior e tendo, como questão focal, a avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água sobre o pano de fundo dos planos de saneamento. Em outras palavras, cada inclusão ou exclusão de uma relação ou bloco de construção (conceito inicial + frase de ligação + conceito final) do mapa conceitual baseava-se na pergunta sobre qual a importância da mesma para a avaliação de desempenho dos SAAs com referência a subsidiar a elaboração dos planos de saneamento, no que se refere ao componente abastecimento de água.

A versão final do mapa conceitual proposto está apresentada no Capítulo 5 – Mapa Conceitual de Sistema de Abastecimento de Água.

Simultaneamente, formulou-se uma primeira versão para o conjunto de indicadores, composta por indicadores existentes na literatura. A seleção baseou-se na reflexão quanto ao conceito de avaliação de desempenho de SAA que, por sua vez, envolve sustentabilidade, avaliação do ciclo de vida, risco, características dos SAAs, seu funcionamento, interfaces, etc.

Em seguida, essas informações foram confrontadas: versão final do mapa conceitual versus versão inicial do conjunto de indicadores. Esse cruzamento tornou explícitas as interfaces que compunham o mapa conceitual para as quais não havia, na versão inicial do conjunto, indicador algum com capacidade de trazer informações com valor agregado ao objetivo do trabalho.

Prosseguiu-se com a formulação de indicadores referentes àquelas relações para as quais não foi identificado indicador algum. Para isso, foram formuladas perguntas a respeito de aspectos relevantes referentes a cada interface até então não atendida pelos indicadores. Tais perguntas foram transformadas em indicadores discretos, booleanos – aqueles em que cabe somente resposta “sim” ou “não” – e textuais – para os quais formularam-se quatro situações distintas que definem o estado do sistema de abastecimento de água avaliado.

Dessa forma, chegou-se à versão do conjunto de indicadores pré-consulta a especialistas, composta por 78 indicadores, incluindo os de escala contínua ou convencionais (levantados na literatura) e propostos (indicadores discretos – booleanos e textuais).

Toda essa dinâmica de definição e escolha de indicadores é trazida no Capítulo 6 – Indicadores de Desempenho de SAA.

Na sequência, esse conjunto de indicadores foi submetido à avaliação de especialistas da área. Para isso, elaborou-se um questionário abordando de diferentes maneiras os indicadores de modo a extrair novas informações e impressões de técnicos e estudiosos da área. Participaram da consulta engenheiros e operadores de empresas de abastecimento de água, projetistas, pesquisadores e outros profissionais ligados a sistemas de abastecimento de água de diversas regiões do País por meio da utilização de formulário *online*.

O Apêndice A – Formulário *Online* de Avaliação de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água apresenta o questionário utilizado, o qual foi enviado para pouco mais de 100 técnicos, sendo respondido por 52 deles.

Já o Apêndice B – Resumo das Respostas ao Formulário *Online* apresenta, por meio de gráficos tipo pizza e de barras, a síntese das respostas encaminhadas pelos participantes da consulta a especialistas.

Ainda, na etapa de formulação do conjunto preliminar dos indicadores, iniciou-se o desenvolvimento da definição das escalas de valoração para cada indicador selecionado, a etapa representada no diagrama mostrado na Figura 4.1 por “Proposta, adaptação e definição de métrica, escala e valores de referência”. As primeiras reflexões a respeito do escalonamento dos indicadores também orientaram na definição do conjunto: priorizaram-se aqueles para os quais havia maior facilidade para a definição da escala.

Esta orientação foi bastante importante em virtude da extensa quantidade de indicadores existentes na literatura, os quais, muitas vezes, objetivam transmitir a mesma informação apresentada em diferentes formas.

Frente à dificuldade de encontrar dados referenciais na literatura para a maioria dos indicadores selecionados, realizou-se o levantamento dos indicadores utilizados pelo SNIS (2013) para, a partir deles, construir as escalas. Para os indicadores selecionados que eram semelhantes ou idênticos aos indicadores utilizados pelo SNIS, realizou-se o levantamento dos dados do ano de 2012 para todas as unidades da RIDE DF e Entorno.

A partir disso, observou-se a variabilidade de cada indicador dentro da Região, analisando se as condições encontradas na RIDE eram boas, ruins ou neutras com relação à realidade brasileira. Assim, a escala era definida por meio da manutenção da variabilidade percebida na RIDE, quando a situação era tida como neutra, ou a escala era majorada ou minorada caso a situação fosse considerada, respectivamente, ruim ou boa com relação ao restante do Brasil.

Para os indicadores discretos (booleanos e textuais), foi empregado outro mecanismo para a definição das escalas, o qual é apresentado no Item 6.5 – Escalonamento dos Indicadores, juntamente a todos os detalhes do escalonamento dos indicadores de escala contínua.

Com a finalização da etapa de consulta a especialistas, realizaram-se algumas alterações no conjunto e, em seguida, a finalização do escalonamento dos indicadores, a qual ocorreu com base nas experiências passadas pelos funcionários dos SAAs pesquisados, na etapa “Ida a campo para a coleta dos indicadores”.

Com a definição do conjunto de indicadores, foram realizadas visitas de campo para a obtenção de dados municipais a fim de se proceder à verificação do método proposto. Foram escolhidos quatro municípios da RIDE DF e Entorno: Alexânia, Luziânia e Santo Antônio do Descoberto – localizados em Goiás e com o SAA operado pela empresa de economia mista Saneamento de Goiás S.A. (Saneago) – e Unaí, município mineiro onde a operação do SAA se dá por uma autarquia – Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE-Unaí).

Após o primeiro contato com os técnicos dos SAAs pesquisados, seguiu-se com contatos telefônicos e via correio eletrônico para a obtenção de dados não conseguidos nas visitas de campo.

Para a aplicação da análise multicritério com a utilização do ELECTRE TRI<sup>®</sup>, foi necessário transformar as escalas de cada indicador para que variassem no intervalo de 0 a 1, em que 0 representa a pior situação para o desempenho do SAA e 1, a melhor.

Os critérios, que começaram a se configurar desde a revisão da literatura, foram determinados conforme as características do ELECTRE TRI<sup>®</sup> que é mais inteligível quando opera com até sete critérios. A grande quantidade de indicadores selecionada para a avaliação de desempenho dos SAAs (70 ao todo) foi, então, agregada em sete grupos (critérios) que facilitam o entendimento do método. O capítulo 7 traz os detalhes dos critérios e parâmetros utilizados na aplicação do ELECTRE TRI<sup>®</sup>.

Finalmente, no Capítulo 8, tem-se a apresentação dos resultados, realizada por meio da comparação entre os dados finais apresentados pelo ELECTRE TRI<sup>®</sup> e as percepções obtidas em campo a respeito das condições dos SAAs pesquisados.

Na sequência, são delineadas as conclusões a respeito dos resultados obtidos, tecendo-se críticas a respeito da metodologia empregada para a realização do trabalho bem como sobre o método proposto para a avaliação de desempenho de SAA.

São apresentadas recomendações de melhoria para a continuidade e aprofundamento desta pesquisa a qual poderá auxiliar no desenvolvimento de planos de saneamento, principalmente no que se refere à construção dos diagnósticos dos SAAs.

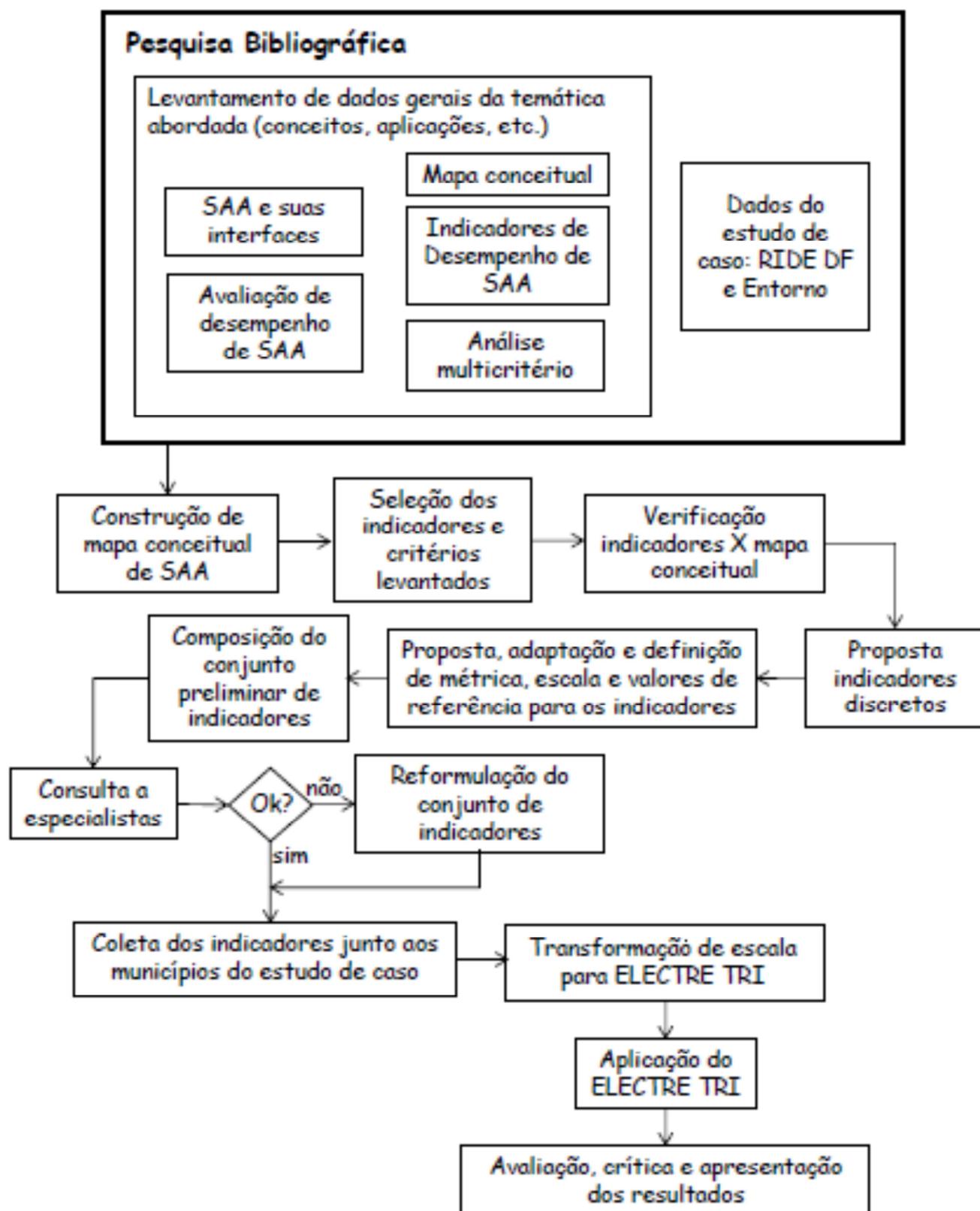


Figura 4.1 – Diagrama simplificado da metodologia

## **5 - PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Neste capítulo, inicialmente, apresenta-se o mapa conceitual desenvolvido para a pesquisa, que norteou a seleção dos indicadores de desempenho para os sistemas de abastecimento de água. Na sequência, explana-se mais detalhadamente a respeito do método utilizado para selecionar esses indicadores, abordando-se as particularidades encontradas como também a forma empregada para compor a escala de valoração de cada indicador selecionado. Posteriormente, delinea-se como o método ELECTRE TRI foi utilizado para a obtenção dos resultados da pesquisa.

### **5.1 MAPA CONCEITUAL DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

O mapa conceitual foi elaborado sob o propósito de levantar todas as interfaces relacionadas ao tema “sistema público de abastecimento de água”. A partir de reflexões a respeito do tema, consultas bibliográficas e levantamento de indicadores de desempenho, utilizados nacional e internacionalmente, foi possível construir algumas versões para o referido mapa conceitual que representasse, de maneira abrangente, um sistema de abastecimento de água sem, no entanto, incluir aspectos sobre os quais o operador do SAA não tinha qualquer interferência ou apresentava quase ínfima ingerência.

Vale ressaltar que o mapa conceitual, conforme explanado no item 3.6, é intrinsecamente uma ferramenta que não apresenta uma forma “correta”, “exata” ou “definitiva” do tema abordado e dos aspectos pelos quais sofre influência e aos quais influencia.

Apesar de nortear a escolha dos indicadores, o mapa conceitual também foi norteadado por eles, de modo que algumas relações inicialmente levantadas foram suprimidas por se verificar a impossibilidade de alocação de algum indicador que estivesse sob o controle do SAA.

Sendo assim, a depender do objetivo pretendido e do próprio pesquisador envolvido, outros trabalhos podem apresentar um mapa conceitual sobre SAA consideravelmente diferente do adotado por este trabalho.

É apresentada, a seguir, a versão final do mapa conceitual, sobre a qual se desenrolou a definição dos indicadores.

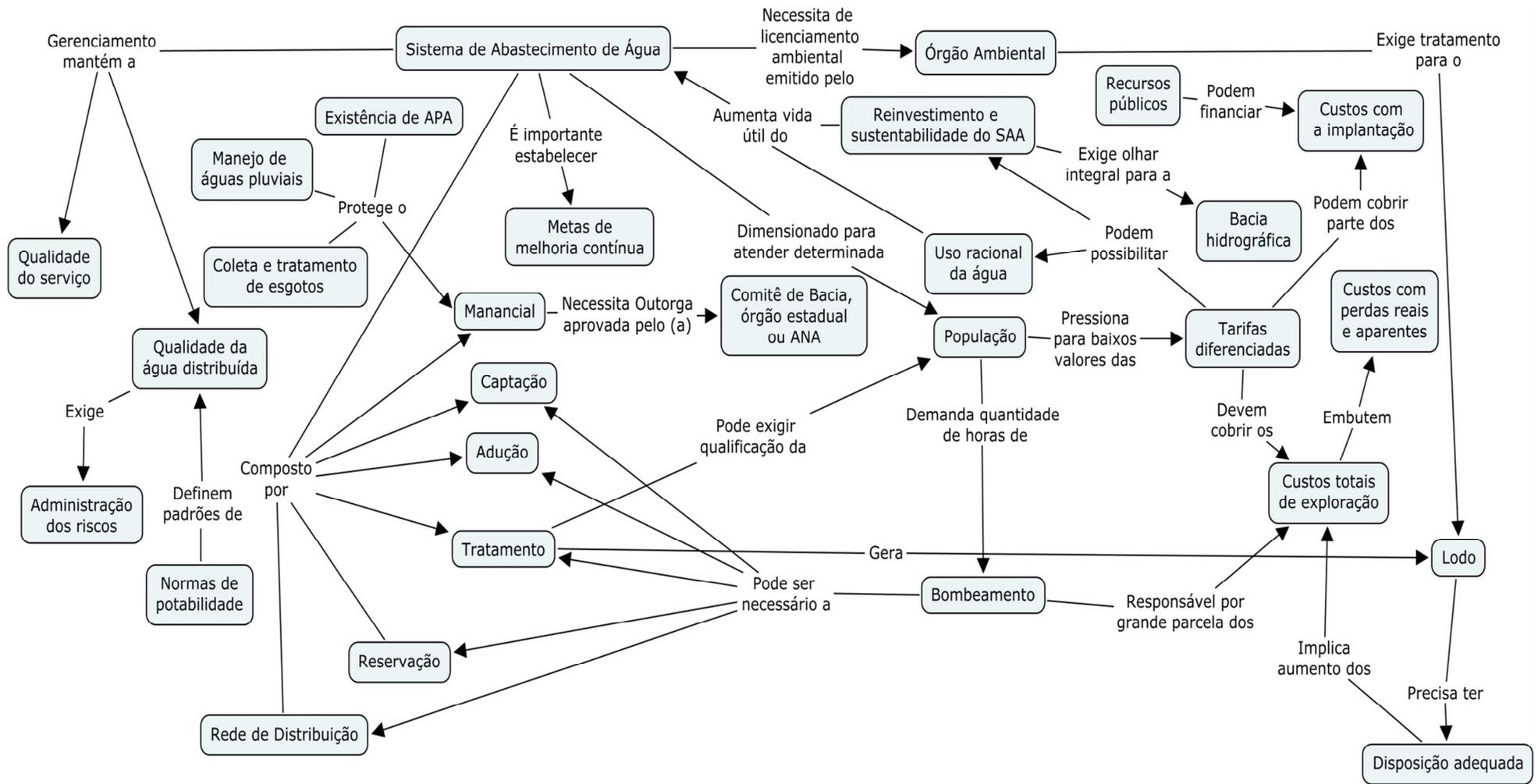


Figura 5.1 – Mapa conceitual proposto para sistema de abastecimento de água

## 5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO DE SAA

### 5.2.1 Dinâmica de seleção dos indicadores

Conforme citado no item anterior, para a escolha de um conjunto de indicadores que abarcasse os aspectos mais relevantes que envolvem um sistema de abastecimento de água (SAA) sem priorizar uns em relação a outros, empregou-se a montagem de um mapa conceitual sobre o assunto e, posteriormente, buscou-se levantar indicadores que traduzissem cada uma das relações levantadas no mapa.

As principais fontes de pesquisa para os indicadores foram a *International Water Association* (IWA), Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR – Portugal), Associação Brasileira de Agências Reguladoras (ABAR) e o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS).

Em paralelo à construção do mapa conceitual, os levantamentos realizados buscavam distribuir os indicadores conforme as dimensões identificadas para a questão da avaliação do desempenho de SAA.

A revisão da literatura demonstrou que é importante considerar, para a avaliação de desempenho dos SAAs, a sustentabilidade ambiental, social e financeira dos sistemas, a qual pode ser dividida nas seguintes dimensões: qualidade do produto, eficiência operacional e gestão estratégica.

Em termos da utilização do método ELECTRE TRI, foram especificados sete critérios que derivam das dimensões supracitadas: qualidade e quantidade da água fornecida; operação e eficiência energética; manutenção e qualidade do serviço; disponibilidade hídrica e capacidade instalada; planejamento e potencial de antecipação; proteção e respeito às questões ambientais; e capacidade de cobertura dos custos e investimentos.

Os indicadores existentes, levantados por meio da pesquisa, não se mostraram suficientes para suprir todas as relações levantadas no mapa. Foram, então, criados indicadores que compõem os aqui chamados discretos (booleanos e textuais), os quais complementaram os indicadores consagrados na literatura que, normalmente, assumem valores variando dentro de uma escala contínua (conjunto dos números reais não negativos).

Resumidamente, o conjunto de indicadores proposto é composto por três diferentes tipos assim descritos:

- Indicadores de escala contínua: assumem valores dentro de uma escala contínua, podendo variar de zero a infinito. São os indicadores convencionais adotados pelos órgãos reguladores e pelo Sistema de Informação sobre Saneamento (SNIS), por exemplo;
- Indicadores discretos booleanos: criados para suprir as lacunas no mapa conceitual, já que os indicadores de escala contínua não atenderam a todas as relações importantes levantadas em torno dos sistemas de abastecimento de água. Suas opções de resposta são “sim” ou “não”.
- Indicadores discretos textuais: também criados para suprir lacunas no mapa conceitual. Podem assumir um dos quatro cenários hipotéticos pré-estabelecidos como resposta (ruim, insatisfatório, satisfatório e bom) por meio da aproximação, se necessário, da situação real encontrada a tais cenários.

A dinâmica utilizada para a seleção desses indicadores é mostrada na Tabela 5.1 e no Apêndice D – Indicadores conforme mapa conceitual.

Tabela 5.1 - Indicadores distribuídos conforme dimensões e aspectos do desempenho de SAA e critérios ELECTRE TRI

	DIMENSÕES DESEMPENHO DE SAA	CRITÉRIOS ELECTRE TRI	ASPECTOS OBSERVADOS	INDICADORES	
SUSTENTABILIDADE SOCIAL, AMBIENTAL E FINANCEIRA	Qualidade do Produto	1	Qualidade da água e quantidade ofertada (QUALI)	Atendimento aos padrões de potabilidade e controle do processo	1 a 8
			População atendida / Quantidade fornecida	9 a 11	
	Eficiência Operacional	2	Operação e eficiência energética (OPER)	Eficiência energética	12 e 13
				Operação	14 a 21
		3	Manutenção e qualidade do serviço (MANUT)	Manutenção	22 a 27
				Qualidade do serviço/ Satisfação da população	28 a 30
	Gestão Estratégica	4	Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO)	Disponibilidade hídrica	32, 37, 38 e 39
				Capacidade instalada	31, 33, 34, 35 e 36
		5	Planejamento / Potencial de antecipação (PLAN)	Planejamento	40, 41 e 48
				Potencial de antecipação	42, 43, 44, 45, 46 e 47
		6	Proteção e respeito às questões ambientais (PROT)	Proteção aos recursos hídricos	51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59 e 60
				Respeito às questões ambientais	49, 50 e 58
7		Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER)	Capacidade de cobertura dos custos	61 a 67	
			Capacidade de cobertura dos investimentos	68 a 70	

Conforme explanado no capítulo 4 – Metodologia, após as reflexões, levantamentos e pré-seleção de indicadores, os mesmos foram submetidos a uma consulta a especialistas, por

meio de formulário *online*, realizando-se a validação dos mesmos. Esta etapa é detalhada no item 5.2.3. Dessa forma, chegou-se a um conjunto de 70 indicadores de desempenho para sistema de abastecimento de água, apresentado na Tabela 5.2 a seguir.

Tabela 5.2 - Indicadores selecionados para SAAs e suas unidades de medida

1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	20	Pessoal com formação universitária (%)
2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)
3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)
4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)
5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	24	Índice infraestrutural de fugas (-)
6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	25	Perdas na distribuição (%)
7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações? (S/N)	26	Idade média dos hidrômetros (ano)
8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede? (S/N)	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)
9	População total atendida (%)	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida (R/I/S/B)
10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações /ano)
11	Consumo per capita (l/hab/dia)	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)
12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> )	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)
13	Há bombeamento nas horas de pico? (S/N)	32	Disponibilidade hídrica (%)
14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)
15	Ligações não micromedidas (%)	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária (R/I/S/B)
16	Macromedição longitudinal do SAA (R/I/S/B)	35	Existência de alternativas para a captação (R/I/S/B)
17	Horas extraordinárias (%/mês)	36	Há reservação monitorada à montante da captação? (S/N)
18	Economias por empregado (econ. / empregado)	37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial (S/N)
19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado? (S/N)

Cont. Tabela 5.2 - Indicadores selecionados para SAAs e suas unidades de medida

39	Identifica-se problema de salinização no manancial (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero)? (S/N)	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial (R/I/S/B)
40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)? (S/N)
41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação? (S/N)
42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas? (S/N)	58	O lodo é disposto adequadamente? (S/N)
43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento? (S/N)	59	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial? (S/N)
44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência? (S/N)	60	População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)
45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais? (S/N)	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final? (S/N)	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades? (S/N)	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema? (S/N)	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
49	Licença ambiental (R/I/S/B)	65	Cobertura dos custos (%)
50	Outorga para o uso da água (R/I/S/B)	66	Razão de solvência (-)
51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental? (R/I/S/B)	67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)
52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)? (R/I/S/B)	68	Reinvestimento em infraestrutura (%)
53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial (R/I/S/B)	69	Há plano de investimento? (S/N)
54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação - contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes (R/I/S/B)	70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência? (S/N)

S/N – indicador discreto booleano, que pode assumir “sim” ou “não” como resultado.

R/I/S/B – indicador discreto textual, que pode assumir uma das 4 hipóteses pré-formuladas que melhor se adequa ao seu estado (ruim, insatisfatório, satisfatório ou bom).

No Apêndice C – Quadro resumo por indicador, tem-se as definições, fórmulas, fonte e observações a respeito de cada indicador selecionado.

### **5.2.2 Interfaces do mapa conceitual não contempladas por indicadores**

Na distribuição dos indicadores através das relações levantadas no mapa conceitual, as únicas que acabaram não sendo atendidas por algum indicador foram: “Sistema de abastecimento de água é composto por reservação” e “Recursos públicos podem financiar custos com implantação”.

Foram cogitados os indicadores "Limpeza dos reservatórios" e, sob forma de pergunta, "Há inspeção da qualidade da água a montante e a jusante dos reservatórios em uma periodicidade segura?" para atender a relação “Sistema de abastecimento de água é composto por reservação”.

No entanto, o primeiro indicador proposto foi descartado em virtude do longo tempo que leva entre uma lavagem e outra, sendo que, conforme alguns técnicos consultados, na maioria das vezes, os reservatórios de água tratada quase nunca são lavados.

Já o segundo indicador inicialmente proposto para essa relação do mapa foi substituído pelo indicador "Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?" que mais se adequou à relação "Sistema de Abastecimento de água é composto por rede de distribuição".

A Portaria 2.914/2011 (que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade) estabelece a obrigatoriedade de realizar inspeções tanto nas pontas de rede quanto nos reservatórios. Visando à simplificação do conjunto de indicadores, para o objetivo deste trabalho – que não almeja substituir a Portaria 2.914 e sim avaliar o desempenho de SAA de forma integrada e prática – a verificação de inspeções nas pontas de rede substitui a necessidade de verificar as inspeções no reservatório, pois a partir da detecção de parâmetros fora do padrão nas pontas da rede, efetua-se a busca da origem do problema.

Para a segunda relação não atendida – “Recursos públicos podem financiar custos com implantação” – sugeriu-se, inicialmente, o indicador “Investimentos não onerosos (públicos) sobre próprios”. Todavia, em se tratando de um bem essencial à vida, que é a água, e considerando-se o princípio de universalização do acesso aos sistemas públicos de

abastecimento de água, instituído pela Lei do Saneamento (11.445/2007), concluiu-se que havendo necessidade de utilizar recursos públicos para a implantação ou ampliação dos sistemas ou até mesmo para cobrir os custos de exploração do serviço e havendo disponibilidade desses recursos, sua utilização para esses fins não pode ser avaliada como “ruim”.

No entanto, quanto mais independente dos recursos públicos não onerosos for o SAA, maior é a sua sustentabilidade financeira. Essa sustentabilidade financeira possibilitará investimentos próprios futuros que podem favorecer tanto a qualidade dos serviços quanto a sustentabilidade ambiental e social do sistema.

Apesar disso, quando a população do município é muito pobre e não possui capacidade de arcar com os custos de implantação e manutenção dos SAAs, por meio do pagamento de tarifas estipuladas para esse fim, os recursos públicos não onerosos podem ser a única saída para a existência de uma solução coletiva e segura para o abastecimento de água dessas populações.

Em razão dessas contradições, não foi possível determinar qual seria um percentual ideal de utilização de recursos públicos, a partir do qual pudessem ser definidos os níveis bom, satisfatório, insatisfatório e ruim, não sendo possível, portanto, estabelecer uma escala para esse indicador que, por consequência, foi descartado.

### **5.2.3 Consulta a especialistas**

Após a proposição de indicadores para a complementação do conjunto pré-definido, atendendo-se a todas as relações identificadas no mapa conceitual, submeteu-se o conjunto de indicadores, selecionados e propostos, ao crivo de especialistas envolvidos com o serviço de abastecimento de água.

Foi elaborado um formulário *online* por meio do *software* livre Google Drive que buscou extrair dos participantes sugestões de inclusão, exclusão ou substituição de indicadores, assim como buscou capturar novos olhares e considerações com relação ao conjunto de indicadores com o intuito de torná-lo o mais eficiente (abrangente, não repetitivo e com notável significância) o quanto possível.

A utilização do Google Drive para a realização dessa etapa demonstrou-se de grande valia. Apesar de ser uma ferramenta gratuita, apresenta uma quantidade razoável de recursos que permitem elaborar o questionário de forma satisfatória. Outros *softwares* pagos possuem mais opções de recursos que tornam a montagem do questionário mais facilitada, entretanto o Google Drive demonstrou-se satisfatório para as necessidades deste trabalho.

O emprego de uma ferramenta *online* permite que o participante responda à distância e no horário que mais lhe for conveniente. Além disso, essas ferramentas de consulta *online* efetuam a análise estatística das respostas enviadas em tempo real, facilitando a leitura e interpretação das mesmas.

Foram concedidos 15 dias para que os participantes respondessem ao formulário, sendo que esse prazo foi prorrogado por mais 15 dias. Durante esse período, foram encaminhados, pelo próprio *software*, alguns lembretes a fim de estimular a participação.

Outra forma encontrada para estimular a participação foi incluir entre as opções de resposta, para cada pergunta, a alternativa “não estou certo (a) / prefiro não opinar” já que, por envolver diversas áreas da atividade, é difícil encontrar pessoas que se sintam confortáveis para emitir opinião a respeito de todas. Essa inclusão, além de evitar que o participante abandonasse a pesquisa diante de alguma questão que estivesse fora de seu domínio, evitou que fossem encaminhadas respostas sem embasamento técnico.

Essa e outras alterações foram realizadas após um período de teste do formulário, quando o mesmo foi enviado para somente quatro pessoas.

Encerrados os 30 dias do prazo estabelecido, iniciou-se a apuração das respostas, deixando-se o formulário disponível para acesso. Assim, algumas pessoas ainda encaminharam suas respostas nesse período extraoficial e suas observações foram consideradas na revisão dos indicadores.

O formulário foi encaminhado para 135 pessoas, obtendo-se resposta de 52 participantes, entre engenheiros e técnicos projetistas, operadores e de implantação de SAAs, bem como pesquisadores e professores envolvidos com a área.

As contribuições encaminhadas pelos participantes foram incorporadas ou não ao conjunto de indicadores de maneira discricionária. As mesmas ocorreram tanto de forma pontual, sugerindo pequenas alterações nos indicadores apresentados – como, por exemplo, alterações nas unidades de medida ou na sua forma de apresentação, sugestões de exclusão de indicadores muito semelhantes entre si, etc. – quanto de forma global, sugerindo abordar tópicos que não foram considerados na formulação dos indicadores como no caso dos poluentes emergentes e outros.

Ademais, foi sugerida, de maneira recorrente, a inclusão de indicadores bastante recomendados na literatura, mas que, pelos motivos expostos no Apêndice G, não foram selecionados. Outra contribuição encaminhada pelos participantes foi a indicação de fontes de pesquisa a fim de promover a melhoria do trabalho como um todo.

Desse modo, a realização dessa etapa ajudou a refinar a seleção de indicadores, consolidando, ao mesmo tempo, as escolhas definidas no decorrer do trabalho.

#### **5.2.4 Fonte dos dados para a composição dos indicadores**

Apesar de a maioria dos indicadores selecionados ser obtida, exclusivamente, por meio da empresa ou órgão operador do serviço, há também alguns que são parcialmente obtidos por outras fontes, como IBGE e prefeitura do município. Trata-se dos indicadores destacados a seguir:

1. Indicador 10 – População de baixa renda atendida pela tarifa social (%);
2. Indicador 33 – Saturação do Sistema Produtor (dias); e
3. Indicador 67 – Capacidade de pagamento da população atendida / grau de sustentabilidade social (%).

Para a composição do Indicador 10, o operador deve fornecer a quantidade de pessoas ou economias residenciais que são atendidas pela tarifa social. Junto à prefeitura do município é obtida a população considerada de baixa renda e, assim, calcula-se o percentual da população de baixa renda do município atendida pela tarifa social de água.

Apesar das discussões a respeito, do conceito internacional estar ligado ao dólar e da recente valorização da moeda americana, a população de baixa renda, neste trabalho, foi considerada como sendo as pessoas que têm renda mensal per capita de até meio salário mínimo.

O cálculo do indicador 33 se processa, conforme Batista (2005), por meio da fórmula descrita abaixo:

$$n = \frac{\log \frac{CP}{VP(K2/K1)}}{\log(1+t)}$$

Equação do indicador de saturação do sistema produtor (anos).

Onde:

n = indicador de saturação do sistema produtor, em anos;

VP = volume de produção necessário para atender 100% da população atual;

CP = capacidade de produção;

t = taxa de crescimento anual médio da população urbana para os 5 anos subsequentes;

K1 = perda atual; e

K2 = perda prevista para os 5 anos.

Enquanto VP, CP e  $K_1$  são fornecidos pelo operador do SAA, calculam-se as taxas de crescimento populacional dos municípios por meio dos dados divulgados pelo IBGE. Os valores destacados na Tabela 5.3 constituem, por exemplo, as taxas de crescimento calculadas com relação à população do último censo (2010) até a população estimada no ano mais recente disponível pelo IBGE (2013 para Santo Antônio do Descoberto e 2014 para os demais municípios). Tais valores destacados foram os utilizados para o cálculo do indicador de saturação do sistema produtor.

Tabela 5.3 – População e Taxas de Crescimento - Censos 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 e estimativas da população dos municípios no ano de 2013 e 2014

Ano	Alexânia / GO		Luziânia / GO		Unai / MG		Sto. Antônio do Descoberto / GO	
	População	Taxa (% a.a.)	População	Taxa (% a.a.)	População	Taxa (% a.a.)	População	Taxa (% a.a.)
1970	9.390		32.807		52.303		-	
		2,58		10,96		2,64		-
1980	12.116		92.817		67.885		-	
		2,83		7,60		0,23		-
1991	16.472		207.674		69.612		35.509	
		2,21		-4,20		0,07		4,31
2000	20.047		141.082*		70.033		51.897	
		1,74		2,15		1,03		2,00
2010	23.814		174.531		77.565		63.248	
		<b>1,69</b>		<b>2,30</b>		<b>1,49</b>		<b>2,44</b>
2013	-		-		-		67.993	
2014	25.468		191.139		82.298		-	

\*O decréscimo populacional observado entre os censos de 1991 e 2000 é devido ao desmembramento de Valparaíso do município de Luziânia.

Já a perda prevista para os próximos 5 anos ( $K_2$ ) foi adotada igual à perda atual ( $K_1$ ), levando-se em consideração que o surgimento de novos vazamentos serão compensados pelas melhorias realizadas no sistema nesse período, mantendo esse índice constante ao longo do tempo.

Para a obtenção do indicador 67, é necessário consultar a tarifa mínima normal praticada pelo operador do SAA e o volume máximo de consumo para a adoção daquela tarifa, enquanto a obtenção do valor do salário mínimo independe da prestação de informação pelo operador do SAA.

O Apêndice C – Quadro resumo por indicador traz mais informações a respeito desses e dos outros indicadores.

### 5.2.5 Escalonamento dos indicadores

Todo esforço dispensado para a seleção dos indicadores (construção de mapa conceitual e, de maneira simultânea e iterativa, levantamento, na literatura, de indicadores importantes para a avaliação de desempenho dos SAAs) seria em vão caso não fosse estabelecido para os mesmos um sistema de valoração sob a forma de uma escala e de valores referenciais.

Apesar de haver inúmeros indicadores que tratam sobre o sistema de abastecimento de água no Brasil e no mundo, poucos trabalhos abordam valores referenciais para os mesmos, trazendo, a este trabalho, a necessidade de criar um escalonamento para os indicadores selecionados.

Nesse intuito, foi necessário determinar as faixas de valores (para os indicadores de escala contínua) e as situações (para os indicadores discretos) que representassem um estado “bom”, “satisfatório”, “insatisfatório” ou “ruim” com referência ao desempenho dos SAAs.

Para os indicadores de escala contínua, foram encontradas três condições distintas: existência de valor ideal ou recomendado na literatura; inexistência de valor ideal, porém com dados históricos no SNIS ou, a terceira condição, em que inexistente valor de referência assim como não há registros históricos no SNIS.

Nos casos em que a literatura traz um valor referencial consagrado, tomou-se esse valor como base para a construção da escala. Nos casos em que inexistente valor referencial, havendo, porém, registro histórico pelo SNIS, utilizaram-se os dados do SNIS, do ano de 2012, de todos os municípios que compõem a RIDE DF e Entorno – inclusive o Distrito Federal – como forma de balizar a composição das escalas. Esses dados são apresentados no Apêndice E – Indicadores do SNIS (Dados 2012, publicação 2013).

Partindo-se dos valores apresentados no ano de 2012 para os indicadores selecionados, que também são contemplados pelo Sistema de Informações sobre o Saneamento (SNIS), e, aplicando-se sobre esses o conhecimento da atividade adquirido em experiências anteriores, consultas a profissionais da área e uma avaliação de sensibilidade, foi possível construir escalas para outra parte dos indicadores.

Já os indicadores para os quais não havia dados referenciais nem históricos que pudessem servir como base para a composição da escala de valoração, tiveram suas escalas construídas de forma mais genérica, como nos casos em que, por exemplo, o indicador possuía amplitude de 0 a 100%. Essa amplitude, para alguns desses indicadores, foi dividida em quatro partes iguais, adotando-se, por o caso de uma escala crescente de preferência, os seguintes valores para cada estado: 0 a 25% (ruim), maior que 25 até 50% (insatisfatório), maior que 50 a 75% (satisfatório) e maior que 75 a 100% (bom).

No entanto, para muitos indicadores nessa mesma condição de falta de valor referencial e dados históricos, arbitraram-se valores de faixas distintas conforme grau de conhecimento preexistente ou de importância da informação que o mesmo transmite para o desempenho do SAA. Essa condição de inexistência de dados referenciais e históricos foi a encontrada para a maioria dos indicadores de escala contínua selecionados.

Evidente que a solução encontrada para a ausência, na literatura, de valores ideais ou referenciais para a maioria dos indicadores selecionados não é a única. De fato, há infinitas ações que podem ser adotadas para suprir essa carência, como, por exemplo, a tomada de uma série histórica de dados da RIDE DF e Entorno – ou de outra região – e não somente do ano de 2012.

Essas ações não necessariamente chegarão aos mesmos resultados para as escalas geradas neste trabalho. Somente a realização de um número considerável de pesquisas complementares a esta poderão apontar valores com maior precisão e exatidão para a métrica dos indicadores. Ressalta-se que figuram, entre os objetivos da presente pesquisa, a construção e teste de um método.

Quanto aos indicadores discretos (booleanos e textuais), situações possíveis foram preestabelecidas para cada estado considerado. No caso dos indicadores booleanos que assumem, como resposta, “sim” ou “não”, a análise do estado em que o SAA se encontra ocorre em conjunto, de acordo com o critério ao qual esses indicadores pertencem.

Foram definidos, então, os pesos 1 ou 2 para cada indicador booleano a fim de estabelecer uma hierarquia entre eles, dentro de cada critério observado. Assim, os indicadores de determinado critério que recebem peso 2 são considerados mais importantes para o desempenho do SAA do que os que recebem peso 1 do mesmo critério. Quando, no critério, só há um indicador, a ele foi atribuído peso neutro.

Já para os indicadores textuais, foram criadas situações hipotéticas para cada estado em que o SAA pode ser enquadrado: ruim, insatisfatório, satisfatório ou bom, conforme já explicitado. As informações reais levantadas foram comparadas com estas situações

hipotéticas, sendo encaixadas na qual mais se aproximaram. Logo, os indicadores textuais, ao contrário dos booleanos, são avaliados individualmente.

A Tabela 5.4, a seguir, apresenta o escalonamento adotado para o conjunto dos indicadores, apresentando-se, também, um valor correspondente à avaliação do indicador na escala transformada [0;1], que será usada na aplicação do ELECTRE TRI.

O valor adotado para os indicadores discretos (textuais e booleanos) nos cálculos do ELECTRE TRI são os intermediários da respectiva faixa indicada para cada estado: Ruim – 0,125, Insatisfatório – 0,375, Satisfatório – 0,625 e Bom – 0,875, sem haver a necessidade de transformação de escala como no caso dos indicadores de escala contínua.

Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRI O [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA FORNECIDA	1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	0 a 80	> 80 a 95	> 95 a 99	> 99	Nesse caso, quando o indicador apresentar valor maior ou igual a 100, adota-se 1,00 na escala do Electre Tri.
	2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	100 a 11	< 11 a 6	< 6 a 2	< 2 a 0	
	3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	0 a 80	> 80 a 95	> 95 a 99	> 99	Nesse caso, quando o indicador apresentar valor maior ou igual a 100, adota-se 1,00 na escala do Electre Tri.
	4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	100 a 11	< 11 a 6	< 6 a 2	< 2 a 0	
	5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	0 a 80	> 80 a 95	> 95 a 99	> 99	Nesse caso, quando o indicador apresentar valor maior ou igual a 100, adota-se 1,00 na escala do Electre Tri.
	6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	100 a 11	< 11 a 6	< 6 a 2	< 2 a 0	
	7*	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	NÃO	SIM	NÃO	SIM	PESO 1
	8*	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	NÃO	NÃO	SIM	SIM	PESO 2
	9	População total atendida (%)	0 a 80	> 80 a 90	> 90 a 95	> 95 a 100	
	10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	0 a 80	> 80 a 90	> 90 a 95	> 95 a 100	
	11	Consumo per capita (l/hab/dia)	500 a 169	< 169 a 140	< 140 a 110	< 110 a 0	Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de 3,3m <sup>3</sup> /pessoa/mês ou cerca de 110 litros de água por dia (Nossa Rede São Paulo, 2012). No SNIS (2013), este indicador variou de 96,36 a 197,05 l/hab/dia para a RIDE DF e Entorno.

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> /ano)	5,00 a 2,26	< 2,26 a 1,51	< 1,51 a 0,76	< 0,76 a 0	No SNIS (2013), este indicador variou de 0,19 a 1,84 kwh/m <sup>3</sup> produzido.
	13*	Há bombeamento nas horas de pico?	SIM	-	-	NÃO	PESO NEUTRO
	14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	0 a 50	> 50 a 70	> 70 a 90	> 90 a 100	
	15	Ligações não micromedidas (%)	100 a 36	> 36 a 21	> 21 a 11	> 11 a 0	
	16	Macromedição longitudinal do SAA	Não há macromedidor instalado ou em funcionamento.	Macromedidor somente na entrada da ETA ou somente horímetro (vazão estimada) na saída do poço.	Macromedidor na entrada e na saída da ETA ou na saída do poço.	Rede setorizada com medidores e macromedidor na entrada e saída da ETA ou na saída do poço.	
	17	Horas extraordinárias (%/mês)	100 a 10	< 10 a 5	< 5 a 2,5	< 2,5 a 0	Para ser considerado no estado "bom", cada funcionário pode fazer, no máximo 1h a mais por semana. Se forem feitas até 2h/funcionário a situação é tida como "satisfatória". Até 4h, "insatisfatória" e acima disso, "ruim".
	18	Economias por empregado (econ. / empregado)	1000 a 500 ou 0 a 100	< 500 a 300	> 100 a 200	> 200 a < 300	No SNIS (2013), este indicador variou de 109,30 a 520,35, correspondendo a uma média de 334,77 lig./empregado.
	19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	0 a 20	> 20 a 30	> 30 a 40	> 40 a 100	
20	Pessoal com formação universitária (%)	0 a 50	> 50 a 70	> 70 a 90	> 90 a 100		

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)	0 a 25	> 25 a 50	> 50 a 75	> 75 a 100	
	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)	0 a 25	> 25 a 50	> 50 a 75	> 75 a 100	
	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)	0 a 25	> 25 a 50	> 50 a 75	> 75 a 100	
	24	Índice infraestrutural de fugas (-)	200 a 30	< 30 a 10	< 10 a 5	< 5 a 1	
	25	Perdas na distribuição (%)	100 a 30	< 30 a 15	< 15 a 5	< 5 a 0	Média do "índice de perdas na distribuição" em 2012 é de 31,1% e variou de 11,97 a 44,72%. Tóquio tem perdas de 3,1% (Nossa São Paulo, 2012).
	26	Idade média dos hidrômetros (ano)	100 a 10	< 10 a 8	< 8 a 5	< 5 a 0	É recomendado substituir os hidrômetros com mais de 10 anos e monitorar os com mais de 5 (Manzi e Silva, 2004).
	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	0 a 25	> 25 a 50	> 50 a 75	> 75 a 100	
	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	Sim, quase sempre ocorrem manobras para alternância de zonas de abastecimento.	Sim. Utiliza-se de racionamento na distribuição da água em algumas épocas ou dias críticos.	Já ocorreu, porém raramente, em condições atípicas.	Não, pois não há insuficiência hídrica nem estrutural no sistema.	
	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações/ano)	1000 a 100	< 100 a 50	< 50 a 30	< 30 a 0	SNIS (2013) variou de 0,05 a 102,78, porém a maioria dos municípios não prestou esta informação, o que não garante a representatividade dos dados fornecidos.
	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	0 a 60	> 60 a 80	> 80 a 90	> 90 a 100	SNIS (2013) variou de 85 a 100%.

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[				INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[				SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[			BOM [0,75; 1,00]		OBSERVAÇÕES							
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%/ano)				100 a 80				< 80 a 60			< 60 a 40		< 40 a 0							
	32	Disponibilidade hídrica (%)				1,00 a 0,50				< 0,50 a 0,35			< 0,35 a 0,20		< 0,20 a 0		Se o cálculo deste indicador resultar em valor maior que um, deve-se adotar valor 0,00 na escala do Electre. Fonte dos valores limites adotados para este indicador: Galvão Júnior e Silva (2006).					
	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)				Sist. Complexo - 0 a 5; Simples - 0 a 3; poços - 0 a 2.				Sist. Complexo - 5,1 a 6; Simples - 3,1 a 4; poços - 2,1 a 3			Sist. Complexo - 6,1 a 8; Simples - 4,1 a 6; poços - 3,1 a 4		Sist. Complexo - > 8; Simples - > 6; poços - > 4		Valores acima ou abaixo dos limites superior ou inferior serão considerados 1,00 ou 0,00, respectivamente.					
	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária				Insuficiente para a vazão tratada e/ou qualidade da água bruta captada.				No limite para a vazão tratada e/ou qualidade da água bruta captada.			Compatível com a vazão tratada e/ou qualidade da água bruta captada.		Além da necessária em relação à vazão tratada e/ ou qualidade da água bruta.							
	35	Existência de alternativas para a captação				Sem possibilidade de ter produção suprida integral ou parcialmente por outro manancial ou sistema.				Possibilidade de ter produção em pequena parte suprida por outro manancial ou sistema.			Possibilidade de ter produção em grande parte suprida por outro manancial ou sistema.		Possibilidade de ter produção totalmente suprida por outro manancial ou sistema.							
	36*	Há reservação monitorada à montante da captação?				NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	N	N	N	N	S	S	S	S	SIM	SIM	SIM	SIM	PESO 2
	37*	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial				SIM	SIM	SIM	SIM	N	N	N	N	S	S	S	S	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PESO 2
	38*	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?				SIM	SIM	NÃO	NÃO	S	S	N	N	S	S	N	N	SIM	SIM	NÃO	NÃO	PESO 1
	39*	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).				SIM	NÃO	SIM	NÃO	S	N	S	N	S	N	S	N	SIM	NÃO	SIM	NÃO	PESO 1

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[			SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[			BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO	40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	0 a 5	> 5 a 10			> 10 a 20			> 20 a 100	O valor 100% é, em prática, inatingível, sua adoção é apenas para possibilitar os cálculos de transformação de escala.
	41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	0 a 1	2 a 3			4 a 5			6 a 10	Em caso de quantidade de pessoal ligado à gestão de recursos hídricos e origens da água ser superior a 10, adotar 1,00 na escala do Electre.
	42*	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	3 ou mais “NÃO”	Menos que 3 “NÃO”	3 ou mais “NÃO”	3 ou mais “NÃO”	Menos que 3 “NÃO”	Menos que 3 “NÃO”	3 ou mais “NÃO”	Menos que 3 “NÃO”	PESO 1
	43*	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?									PESO 1
	44*	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?									PESO 1
	45*	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?									PESO 1
	46*	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?									PESO 1
	47*	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?									NÃO
	48*	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	PESO 2

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	49	Licença ambiental	Licença de operação irregular.	Licença de operação regular, porém condicionantes não atendidas.	Licença de operação regular e cumprimento parcial das condicionantes.	Licença de operação regularizada e cumprimento total das condicionantes.
	50	Outorga para o uso da água	Outorga irregular.	Outorga regular, porém condicionantes não atendidas.	Outorga regular e cumprimento parcial das condicionantes.	Outorga regular e cumprimento total das condicionantes, se houver.
	51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de conservação?	Não há área da bacia inserida em unidade de proteção ambiental.	Menos de 50% da área da bacia inserida em Unidade de Proteção Integral ou Uso Sustentável.	Mais de 50% da área de drenagem inserida em Unidade de Uso Sustentável.	Mais de 50% da área de drenagem inserida em Unidade de Proteção Integral.
	52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	Área da captação sem estruturas de proteção adequadas e sem vigilância.	Área da captação com estruturas de proteção parcialmente adequadas e sem vigilância.	Área da captação protegida por estruturas de proteção (placa, cercas etc) OU com vigilância.	Área da captação protegida por estruturas de proteção (placa, cercas etc) E com vigilância.
	53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial	Presença de atividades de alto risco poluidor na bacia de drenagem do manancial.	Presença de atividades de médio risco poluidor na bacia de drenagem do manancial.	Presença de atividades de baixo risco poluidor na bacia de drenagem do manancial.	Ausência de atividades potencialmente poluidoras na bacia de drenagem do manancial.
	54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	Situação totalmente inadequada das estradas existentes na bacia de captação.	Algumas restrições quanto às estradas existentes na bacia de captação.	Estradas à montante da captação com estruturas adequadas para a contenção de sedimentos e chuvas.	Inexistem estradas à montante da captação.

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	Presença de interceptores e/ou elevatórias de esgoto próximos da captação e existência de lançamento de esgoto na área de captação.	Presença de interceptores e/ou elevatórias de esgoto próximos da captação sem lançamento de esgoto na área de captação.	Presença de interceptores e/ou elevatórias de esgoto na bacia, distantes da captação, e sem lançamento de esgoto na área de captação.	Ausência de interceptores e elevatórias ou lançamento de esgoto próximos à área de captação.	
	56*	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	3 ou 4 “NÃO”	2 “NÃO”	Somente 1 “NÃO”	4 “SIM”	PESO 2
	57*	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?					PESO 2
	58*	O lodo é disposto adequadamente?					PESO 2
	59*	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?					PESO 2
	60	População usuária de abastecimento público atendida pelo esgotamento sanitário (%)	0 a 25	> 25 a 50	> 50 a 75	> 75 a 100	Variou de 11,86 a 81,97% na RIDE DF e Entorno . Porém, Água Fria, Águas Lindas, Alexânia, Cabeceiras, Cocalzinho, Pirenópolis, Vila Boa, Corumbá e Cabeceira Grande não possuíam rede de esgoto (SNIS, 2013).

Cont. Tabela 5.4 – Escalonamento geral dos indicadores selecionados para o método proposto de avaliação de desempenho de SAA.

CRITÉRIO	INDICADOR	RUIM [0,00; 0,25[	INSATISFATÓRIO [0,25; 0,50[	SATISFATÓRIO [0,50; 0,75[	BOM [0,75; 1,00]	OBSERVAÇÕES	
CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	10 a 3,6	< 3,6 a 2,6	< 2,6 a 1,3	< 1,3 a 0	SNIS (2013) variou de 1,75 a 5,87 com relação ao m <sup>3</sup> faturado. Porém com relação ao m <sup>3</sup> produzido, variou entre 1,19 a 4,38, mais próximo da realidade com maior controle das perdas. O limite 10 para o estado "ruim" é hipotético para efeito de transformação de escala.
	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	8,00 a 2,10	< 2,10 a 1,50	< 1,50 a 0,72	< 0,72 a 0	SNIS (2013) variou de 0,96 a 3,28. Escala baseada na proporção de 50% dos gastos totais com pessoal, aproximadamente, com relação aos valores apresentados na escala acima. O limite 8 para o estado "ruim" é hipotético para efeito de cálculo para transformação de escala.
	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	5,00 a 0,54	< 0,54 a 0,39	< 0,39 a 0,19	< 0,19 a 0	SNIS (2013) variou de 0,13 a 1,05. O limite 5 para o estado "ruim" é hipotético para efeito de cálculo para transformação de escala.
	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	5,0 a 1,06	< 1,06 a 0,75	< 0,75 a 0,37	< 0,37 a 0	SNIS (2013) variou de 0,53 a 1,63. O limite 5 para o estado "ruim" é hipotético para efeito de cálculo para transformação de escala.
	65	Cobertura dos custos (%/ano)	100 (ou mais) a 90	< 90 a 60	< 60 a 50	< 50 a 0	SNIS (2013) variou de 35,73 a 211,24%. No entanto, a média foi de 110,78%, o que indica a insustentabilidade financeira da maior parte dos operadores em termos de cobertura de custos.
	66	Razão de solvência (-)	0 a 1,00	> 1,00 a 1,17	> 1,17 a 1,35	> 1,35 a 3,00	De acordo com o Portal de Licitação ( <a href="http://www.portaldelicitacao.com.br">http://www.portaldelicitacao.com.br</a> ), quando a razão de solvência é menos que 1 a situação é deficitária; de 1 a 1,35, equilibrada e maior que 1,35, satisfatória. O limite 3 para o estado "bom" é hipotético para efeito de cálculo da transformação de escala.
	67	Capacidade de pagamento da população atendida - grau de sustentabilidade social (%)	30 a 10	< 10 a 5	< 5,0 a 2,5	< 2,5 a 0	Esse item considera apenas a dificuldade de pagamento das classes sociais mais baixas, mas que não se enquadram na tarifa social. Vale ressaltar que, para a sustentabilidade ambiental e financeira, exclusivamente, do SAA, quanto mais cara for a tarifa, maiores resultados positivos seriam obtidos (redução do consumo de água - ambiental - e reinvestimento no próprio SAA - sustentabilidade financeira).
	68	Reinvestimento em infraestrutura (%/ano)	0 a 7,5	> 7,5 a 15	> 15 a 30	> 30 a 100 (ou mais)	Recomenda-se reinvestir na empresa 30% do lucro. SEBRAE (2015). Caso o SAA utilize reserva própria, financiamento ou recursos públicos, é possível encontrar valor maior que 100 para este indicador. Nesse caso, entra-se com 1,00 na escala do ELECTRE TRI.
	69*	Há plano de investimento?	NÃO	NÃO	SIM	SIM	PESO 2
70*	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	NÃO	SIM	NÃO	SIM	PESO 1	

\*Indicador booleano, sua aferição é dada em conjunto com os demais indicadores booleanos de um mesmo critério. Exemplo: os indicadores 69 e 70, únicos booleanos do critério “capacidade de cobertura dos custos e investimentos” são classificados no estado “ruim”, se ambos obtiverem “não” como resposta e assim para as demais colunas (insatisfatório, satisfatório ou bom).

Conforme pode ser visto nas tabelas, para cada estado foi definido um valor de entrada (*input*) no Electre Tri que varia de 0,00 a 1,00. Os indicadores booleanos e textuais têm seus valores de inserção no software retirados diretamente dessas tabelas. Enquanto para os indicadores de escala contínua, é necessário efetuar uma transformação de escala, apresentada no Apêndice F – Dados dos SAAs do Estudo de Caso – que traz a situação encontrada de cada indicador para os quatros sistemas investigados.

Como forma de possibilitar essa transformação de escala, foi necessário arbitrar valores máximos e mínimos que os indicadores de escala contínua podem assumir, adotando-se, normalmente, valores extremos, exclusivamente, com o intuito de possibilitar os cálculos.

### **5.2.6 Observações a respeito dos indicadores selecionados e não selecionados**

Além da exposição do modo como os indicadores foram selecionados, explicação de seus diferentes tipos e composição de escala de valoração, cabem, também, algumas observações importantes com relação a eles. Essas observações são delineadas a seguir.

Quanto aos indicadores do critério “Qualidade e quantidade da água fornecida”, é preciso frisar que os mesmos não pretendem substituir as análises exigidas pela Portaria 2.914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Além das análises biológicas, químicas, físicas e organolépticas, a Portaria 2.914/2011 estabelece que devem ser realizadas análises da água bruta semestralmente com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana. Na ocasião, devem ser realizadas análises de clorofila-a e, a depender dos resultados dessa última, deve-se proceder à nova coleta para a contagem de cianobactérias. Quando a quantidade dessas bactérias exceder 20.000 células/ml, deve-se partir para a análise de cianotoxinas no ponto de captação, com frequência semanal.

Os ajustes das análises e frequência também devem ocorrer para metais pesados e agrotóxicos, que devem ter seus planos amostrais elaborados com base nas atividades (principalmente industriais e agrícolas) desenvolvidas na bacia de contribuição do manancial, bem como com base na sazonalidade das culturas.

Sem a pretensão de substituir todo esse detalhamento trazido pela Portaria 2.914/11, foram, então, eleitos os mesmos indicadores de qualidade da água utilizados no Diagnóstico de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): turbidez, cloro residual e coliforme total, averiguando a conformidade com relação à quantidade de análises recomendadas e resultados esperados. A esses, ainda foram somados indicadores de cunho gerencial que também verificam se a água ofertada está em bom estado e, principalmente, se o processo de tratamento de água está sob controle (Indicador 7 – “Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?” e Indicador 8 – “Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?”).

Assim, a seleção dos indicadores para o critério “Qualidade e quantidade da água fornecida” considerou que os mesmos transmitem uma percepção geral satisfatória da situação do SAA em termos das características da água e volume disponibilizado.

Uma das questões mais complexas e difíceis foi a determinação da escala dos indicadores que abordam o percentual de pessoal exercendo as funções de operação e manutenção e envolvidos com as atividades de planejamento, projeto e construção dos SAAs e com a gestão dos recursos hídricos e origens da água.

Há de se fazer uma distinção quanto aos indicadores 20 – “Pessoal ligado à operação e manutenção”, 40 – “Pessoal ligado ao planejamento, projeto e construção de sistemas” e 41 – “Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água” com relação ao tipo de operador do sistema.

Quando o sistema é operado por uma concessionária estadual, o pessoal envolvido com as atividades auxiliares, como administração, TI, almoxarifado, contabilidade, jurídico, etc. dilui-se no maior percentual de pessoas envolvidas nas atividades fim. Inclusive, nas empresas estaduais, há uma tendência de concentração das atividades auxiliares, assim como as atividades que demandam maior formação (planejamento, projeto, construção e, principalmente, gestão de recursos hídricos) na matriz ou unidades regionais ou distritais.

Nessas empresas, é comum ficar a cargo dos sistemas municipais apenas, praticamente, as atividades operacionais (operação, manutenção e vigilância), como ocorre com a Saneago –

Saneamento de Goiás S.A. – que atua nos municípios pesquisados de Alexânia, Luziânia e Santo Antônio do Descoberto.

Já no caso de um Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), situação de Unaí/MG, não há essa diluição das atividades de apoio, tornando o percentual da equipe técnica com relação às atividades auxiliares muito inferior ao encontrado nos sistemas operados pelas concessionárias estaduais.

Por outro lado, enquanto nas prestadoras municipais, como os SAAEs, o pessoal mais especializado, que lida com atividades como planejamento, projeto e construção de sistemas e gestão de recursos hídricos, está alocado na própria empresa, nas concessionárias estaduais a tendência de concentrar tais atividades para todo o Estado ou regionalmente traz a vantagem, para essas últimas, de permitir um trabalho em conjunto de especialistas de formações diversas que dialogam entre si.

Contudo, nos operadores municipais, apesar do menor número de especialistas e menor diversificação das áreas de atuação dos mesmos, há uma maior proximidade dos profissionais com a realidade local somada ao seu aproveitamento exclusivo em um único SAA.

A existência de uma equipe única para tratar dos temas mais complexos de um grande número de sistemas nas empresas estaduais faz com que a razão entre quantidade de funcionários envolvidos com tais atividades e a quantidade de sistemas pelos quais respondem resulte em um número equivalente de profissionais bastante inferior, se comparado ao das empresas municipais.

Desse modo, a escala para os indicadores 20, 40 e 41 precisou ser mais flexível, apresentando faixas mais ampliadas que as apresentadas para os demais.

Com relação ao Indicador 33 – “Saturação do sistema produtor”, embora sua resposta seja interpretada pela Associação Brasileira de Agências Reguladoras (ABAR) de maneira diferente para sistemas integrais ou complexos; superficiais ou com tomadas d’água simples e para sistemas de poços – conforme é possível verificar no Apêndice C – Quadro resumo por indicador – a própria ABAR, que o adota, não define as características para o sistema ser

considerado como complexo ou simples. Neste trabalho, sistemas que possuem ETA convencional são considerados complexos e os demais simples.

Outra questão a ser alertada refere-se a não inclusão de alguns indicadores bastante utilizados e recomendados para os sistemas de abastecimento de água. Diversos foram os motivos para a exclusão dos mesmos, passando pela dificuldade e, até mesmo, impossibilidade de determinação de uma escala, chegando a problemas no seu registro pelos operadores.

No Apêndice G – Indicadores não inclusos, tem-se uma lista de indicadores comumente utilizados ou sugeridos para o acompanhamento de sistemas de abastecimento de água com uma sucinta explanação dos motivos que levaram à sua exclusão da lista dos indicadores selecionados.

De todo modo, ressalta-se que tais escolhas foram realizadas com o objetivo de utilização do método em sua primeira vez, entretanto, novos estudos podem apontar para valores mais precisos ou para diferentes considerações para esses aspectos.

### 5.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO ELECTRE TRI

Para a aplicação do método ELECTRE TRI, inicialmente, foram pré-definidos, conforme Figura 5.2 a seguir, quatro estados, ou categorias, para o enquadramento dos sistemas de abastecimento de água quanto ao seu desempenho, quais sejam os estados ruim, insatisfatório, satisfatório e bom, avaliado em uma escala [0,1].

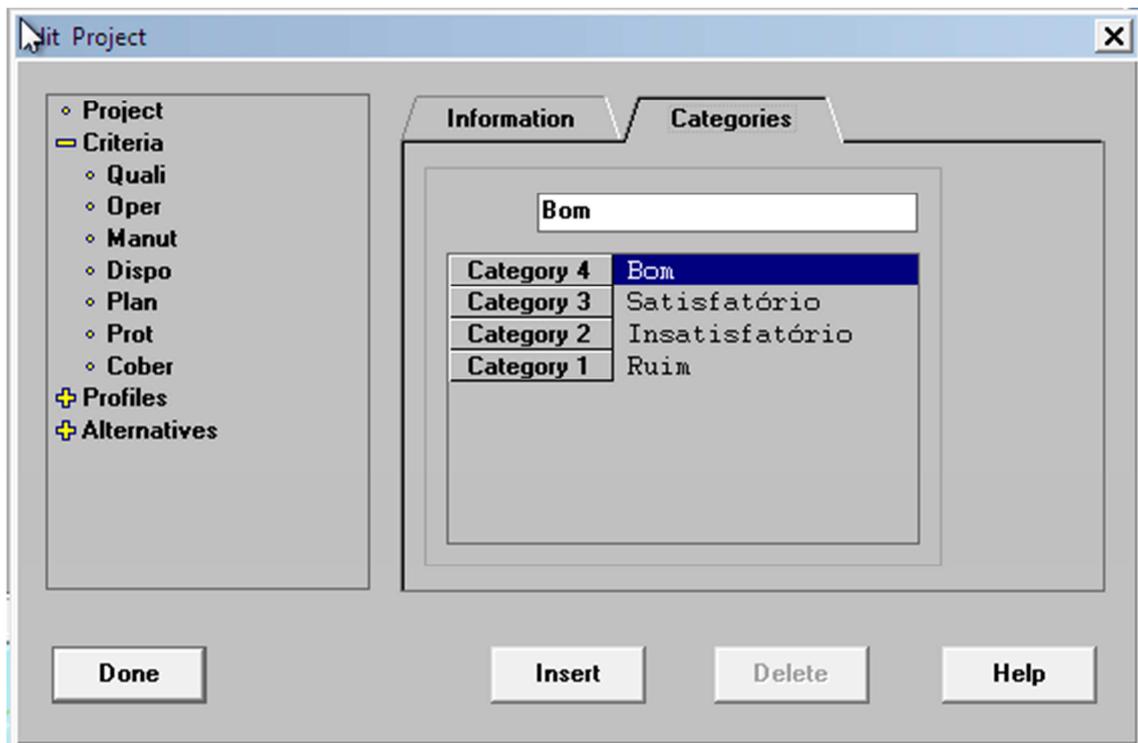


Figura 5.2 - Categorias estabelecidas para aplicação do método ELECTRE TRI

Esses estados foram delimitados por cinco ações de referência: 0,00, representando a pior situação; 0,25; 0,50 e 0,75, representando situações intermediárias e 1,00, a situação ideal.

Conforme já citado no item 5.2.1 deste trabalho, para efeitos de desenvolvimento do método proposto, considerou-se que a avaliação de desempenho dos SAAs pode processar-se por meio da observação de sete critérios: 1) qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI); 2) operação e eficiência energética (OPER); 3) manutenção e qualidade do serviço (MANUT); 4) disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO); 5) planejamento e potencial de antecipação (PLAN); 6) proteção e respeito às questões ambientais (PROT) e, por fim, 7) capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER). Os principais aspectos, discutidos no item 3.5, relacionados a cada critério considerado são apresentados resumidamente na sequência.

1. Qualidade e quantidade de água fornecida (QUALI) – Esse critério leva em consideração o estado geral da qualidade da água fornecida bem como o controle sobre possíveis alterações dessa qualidade. Não se pretende dispensar a análise de todos os parâmetros exigidos pela Lei 2.914/2011, que trata da potabilidade da água, mas sim, verificar as condições gerais da qualidade da água do sistema para efeito da avaliação de seu desempenho. Averigua-se, também, se a população como um todo é adequadamente atendida pelo serviço, assim como a população de baixa renda.
2. Operação e eficiência energética (OPER) – Esse critério levanta as condições de operacionalidade do sistema, considerando questões como disponibilidade e qualificação da mão de obra, medição da água, pressão da rede e consumo de energia.
3. Manutenção e qualidade do serviço (MANUT) – Esse critério aborda as condições de conservação do sistema, importando levantar práticas de inspeção e calibração dos equipamentos, índices de perdas de água, reparações de vazamentos, condições do uso de manobras na rede e número de reclamações recebidas.
4. Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO) – Nessa seara, necessita-se levantar aspectos relacionados à capacidade instalada de captação e produção de água do SAA, limite de exploração dos mananciais utilizados no que se refere a sua qualidade, quantidade e sazonalidade e compatibilidade das instalações com as exigências de tratabilidade da água bruta, confrontando todos esses aspectos com as demandas atuais e previstas.
5. Planejamento e potencial de antecipação (PLAN) – Visa a identificar o preparo do SAA para o enfrentamento de eventual tendência de crescimento da demanda, redução da quantidade de água doce disponível em qualidade tratável por meio do emprego de técnicas comuns e não muito dispendiosas, concentração cada vez maior dos períodos chuvosos e outras alterações do espaço urbano e do clima. Nessa linha, é necessário levantar a quantidade de funcionários envolvidos com atividades de planejamento e gestão de recursos hídricos, medidas preventivas adotadas pelo SAA, estratégias de contorno para emergências, situações de risco ou períodos austeros, etc.
6. Proteção e respeito às questões ambientais (PROT) – No quesito proteção e respeito às questões ambientais, torna-se imprescindível averiguar o cumprimento dos aspectos legais, a realização de ações para a conservação do manancial ou para a atenuação de um eventual estado atual de degradação ou de exposição a riscos.

7. Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) – Para a investigação a respeito da capacidade de cobertura dos custos e investimentos, é necessário determinar os custos atualmente envolvidos no fornecimento de água potável canalizada por tipo: total, com pessoal, energia, etc. Além disso, também, é preciso calcular parâmetros financeiros como a relação entre os custos e receitas, a razão de solvência e levantar o montante utilizado em reinvestimento na empresa que indicam sua sustentabilidade financeira. No entanto, é preciso incluir na análise informações a respeito da capacidade de pagamento da população atendida de modo a prever a necessidade de complementação de recursos públicos a fim de que os serviços de abastecimento de água sejam mantidos em funcionamento. Na seara dos recursos financeiros, ainda é importante levantar se no SAA há algum planejamento para a aplicação desses recursos, assim como a preocupação na redução dos custos por meio da redução de desperdícios.

Para a aplicação do ELECTRE TRI foram, assim, estabelecidos quatro estados, delimitados por cinco ações de referência, nos quais os SAAs poderão se enquadrar conforme sua pontuação apresentada para cada um dos sete critérios estabelecidos para a determinação do desempenho.

Para uma análise mais adequada, foram também estabelecidos pesos para cada critério. A diferença dos valores dos pesos observou a seguinte sequência de prioridade: os critérios para os quais o cumprimento seja considerado uma exigência básica deveriam associar-se ao maior peso; os critérios capazes de fornecer um diagnóstico das condições atuais de funcionamento do SAA receberiam os segundos maiores pesos e, na sequência, viriam os critérios com capacidade de fornecer as condições de preparo dos SAAs para o enfrentamento de situações adversas, relacionando-se mais diretamente com o prognóstico do sistema.

Sendo assim, a Figura 5.3 apresenta os pesos adotados para cada critério no cálculo da análise multicritério realizada por meio do ELECTRE TRI. Ressalta-se que o somatório dos pesos dos critérios adotados deve ser igual a 1,0, para atender especificações do aplicativo.

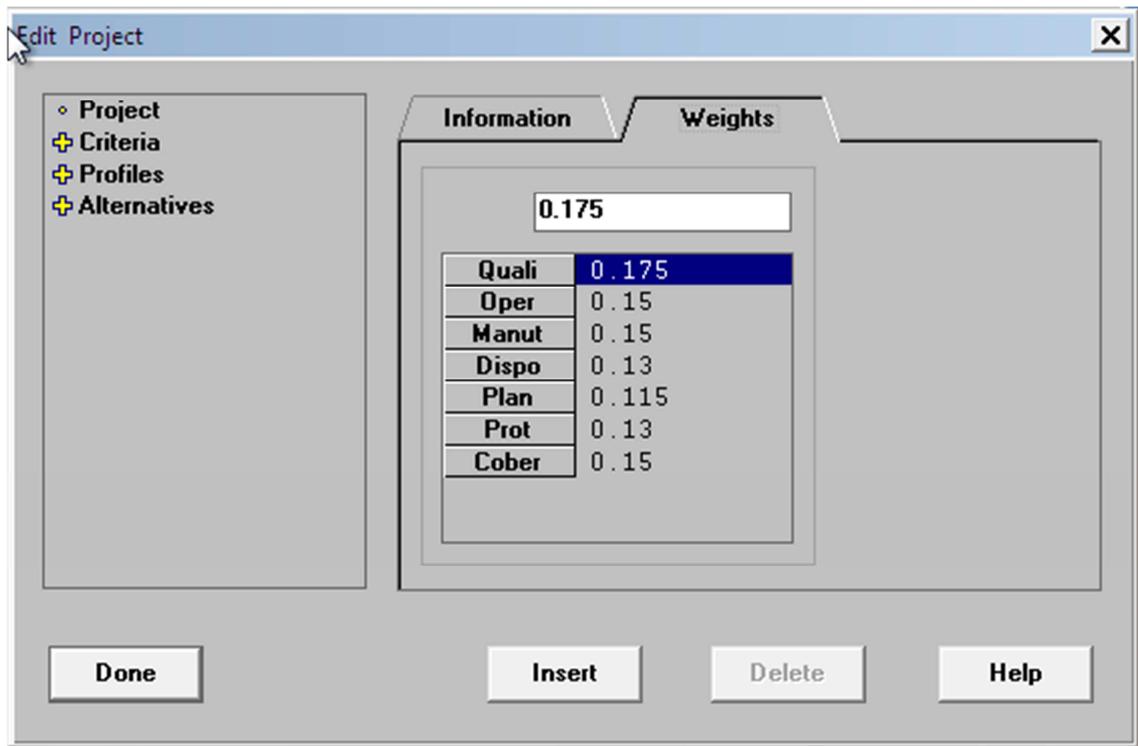


Figura 5.3– Pesos arbitrados para cada critério.

Julgou-se que o critério de qualidade da água e quantidade fornecida (QUALI), por ser essencial e informar tanto a respeito das condições da água quanto do controle de qualidade do processo de produção e distribuição de água, deveria receber o mais alto peso (0,175).

Os critérios operação e eficiência energética (OPER), manutenção e qualidade do serviço (MANUT) e capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER), por fornecerem as condições de funcionamento e financeiras em que o SAA se encontra, têm relação direta com o diagnóstico do sistema e, portanto, receberam o segundo peso mais elevado (0,150).

Os critérios disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO) e proteção e respeito às questões ambientais (PROT) vão mais além e ajudam a identificar o prognóstico para o sistema, referindo-se ao estado atual do sistema com relação às condições futuras de aumento da demanda, poluição, etc. Por isso, esses critérios receberam peso 0,130.

Por último, o critério planejamento e potencial de antecipação (PLAN), por ligar-se, mais fortemente, a questões imprecisas, tendências ainda não regulamentadas ou incorporadas à realidade atual dos SAAs no Brasil, recebeu o peso mais baixo: 0,115.

É evidente que outras pesquisas podem apontar outros valores como mais adequados para serem adotados no peso dos sete critérios propostos. No entanto, os valores arbitrados neste

trabalho intenta proporcionar uma primeira utilização do método proposto a fim de poder analisá-lo.

A utilização do aplicativo ELECTRE TRI pressupõe a escolha, também, dos denominados limiares de indiferença ( $q$ ), preferência ( $p$ ) e veto ( $v$ ). Esses limiares são definidos para cada critério e estabelecem, de certo modo, a margem de incerteza que pode existir na definição de uma relação de preferência entre ações tendo em vista os valores encontrados para aquele critério em questão.

No caso da presente utilização, adotaram-se valores-padrão de  $q = 0,01$  e  $p = 0,02$  – conforme mostrado na Figura 5.4 – o que caracteriza uma situação hipotética de pouca margem de incerteza para definir as relações de indiferença e preferência entre as ações, assim como um nível homogêneo de conhecimento sobre os desempenhos das ações, independentemente do critério.

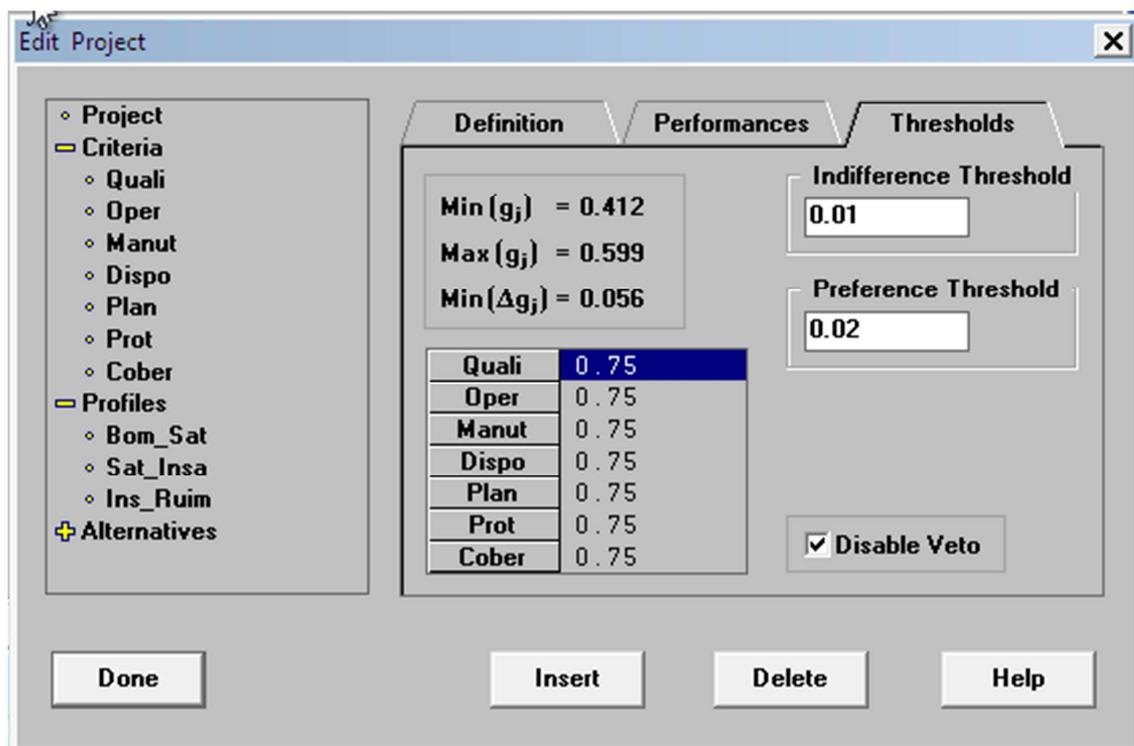


Figura 5.4– Valores dos parâmetros indiferença  $q = 0,01$  e preferência  $p = 0,02$

Já para o parâmetro de veto, mostrado na Figura 5.5, adotou-se  $v = 0,30$  somente para o critério qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI), atribuindo-lhe maior importância diante dos demais, uma vez que um resultado muito baixo – abaixo do limiar estabelecido – para esse critério não poderá ser compensado pelo resultado bom dos outros.

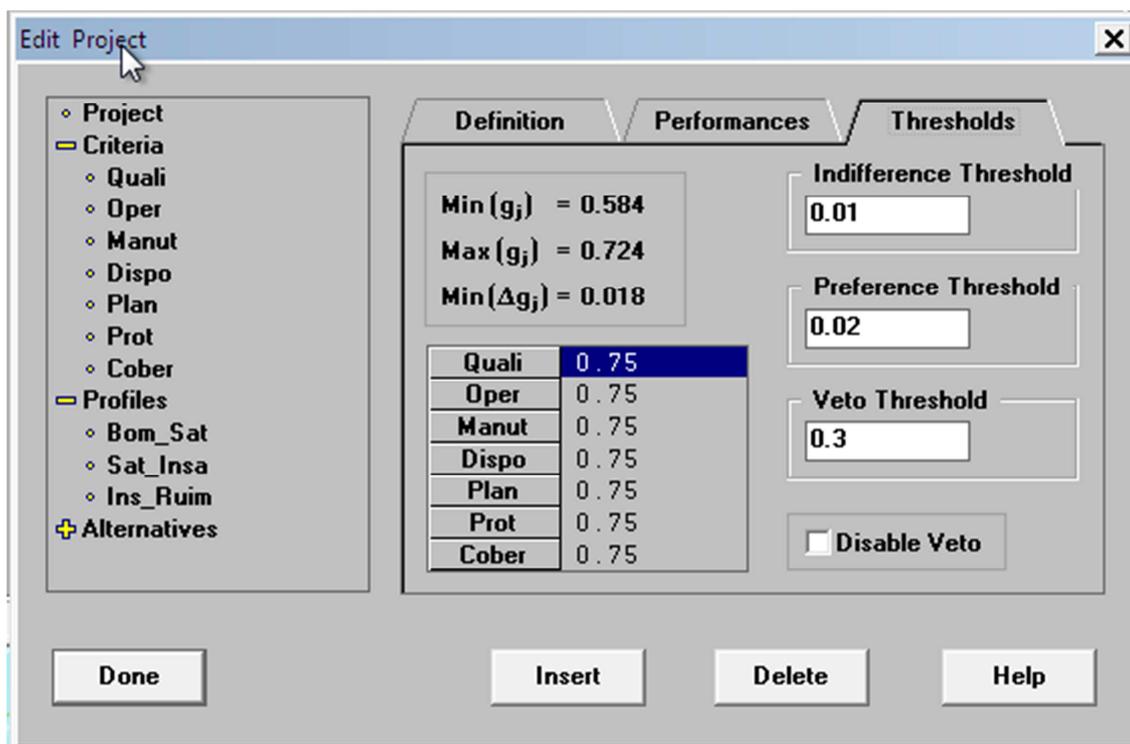


Figura 5.5 – Valor arbitrado para o veto no critério QUALI,  $v = 0,30$ .

## 6 - DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Conforme explicitado no item 4 deste trabalho, tomaram-se quatro municípios da RIDE DF e Entorno para a aplicação do método proposto para a avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água, o qual é apresentado sucintamente na Figura 6.1.

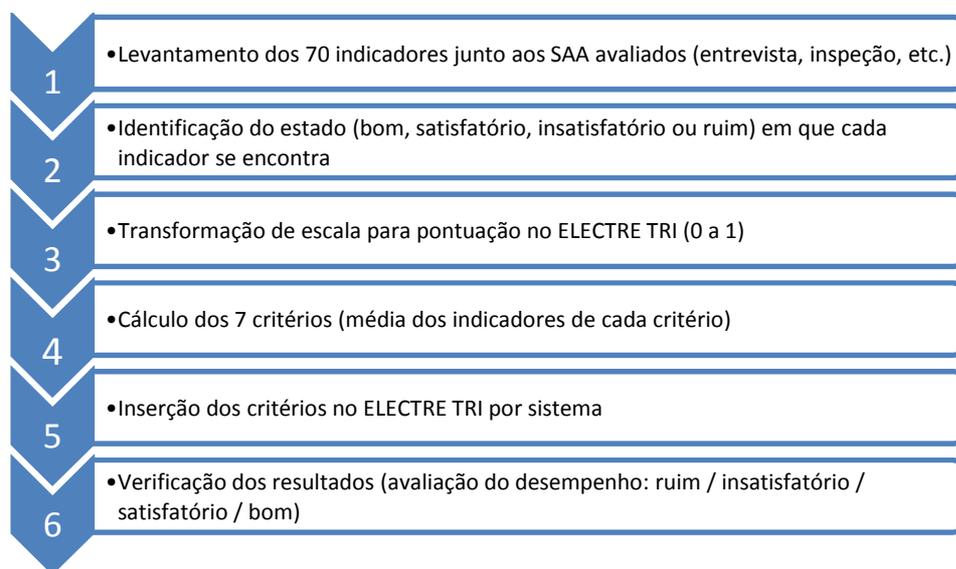


Figura 6.1 – Síntese do método para avaliação de desempenho de SAA proposto.

Dos 70 indicadores propostos, não foi possível calcular o indicador 66 - Razão de solvência para os SAAs operados pela Saneago (Alexânia, Luziânia e Santo Antônio do Descoberto) em virtude da contabilidade da empresa ser feita para todo o Estado de Goiás e não por sistema. Desse modo, não foi possível estabelecer, nem aproximadamente, o passivo e o ativo referentes exclusivamente a esses sistemas. Sendo assim, esse indicador foi excluído do cálculo também para o sistema de Unaí/MG.

Os itens a seguir apresentam as características dos municípios pesquisados e de seus sistemas de abastecimento de água.

### 6.1 ALEXÂNIA

Município do Estado de Goiás, com um território de cerca de 850 km<sup>2</sup>, uma população de 25.468 habitantes (IBGE, 2013) e uma distância de 87,6 km do Distrito Federal, Alexânia tem como principais atividades econômicas a criação de gado e plantação de cereais como milho, soja e feijão (IBGE, 2006).

Seu sistema de abastecimento de água é composto por Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional – que integra as etapas de floculação, decantação, filtração e desinfecção – onde o ribeirão Cachoeira é utilizado como manancial. Por ser uma cidade plana, segundo o operador do sistema, não há grande ocorrência de vazamentos visíveis em virtude de a pressão ser consideravelmente baixa e pouco variável.

As análises de qualidade da água são realizadas de hora em hora na saída da ETA e do reservatório. Já as amostras coletadas nas pontas de rede são levadas ao laboratório de análises da unidade regional de Luziânia para análises mais apuradas duas vezes por semana.

A Figura 6.2 a seguir mostra os dados de entrada utilizados na aplicação do ELECTRE TRI para o município de Alexânia/GO. Esses dados referem-se às médias dos valores para os indicadores de cada critério considerado.

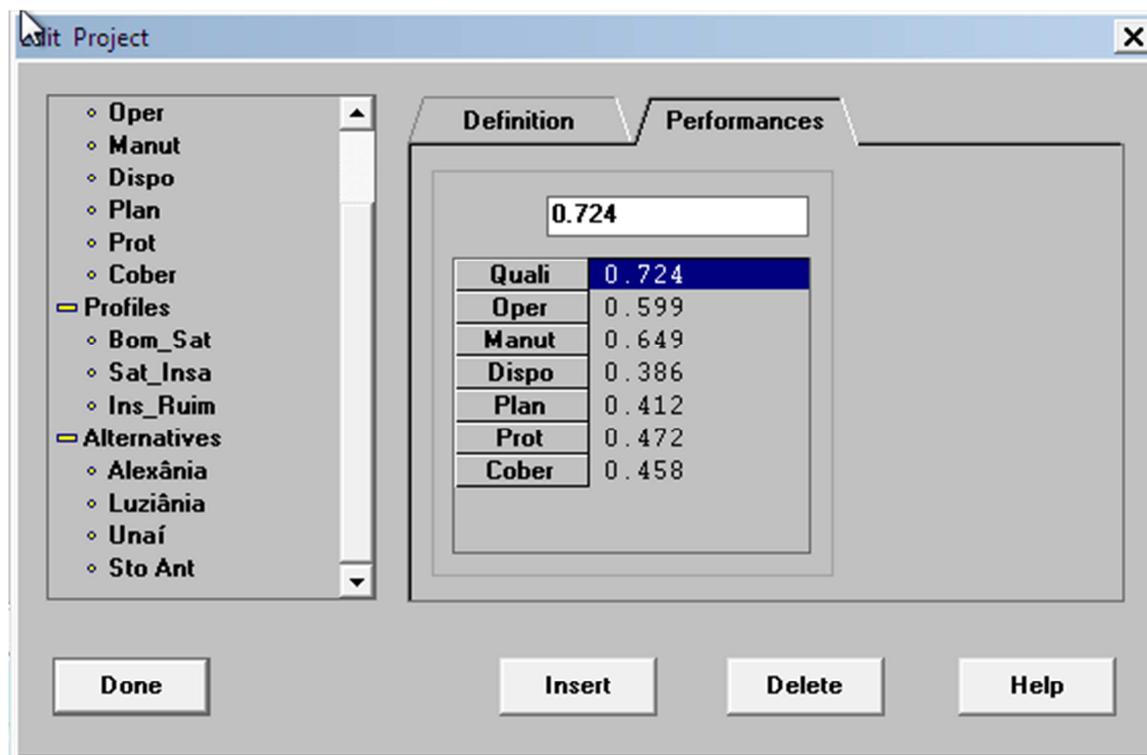


Figura 6.2 – Dados de entrada no ELECTRE TRI para Alexânia/GO.

A Figura 6.3 dispõe a variação dos resultados encontrada entre os sete critérios utilizados na análise ELECTRE TRI aplicada ao SAA de Alexânia / GO.

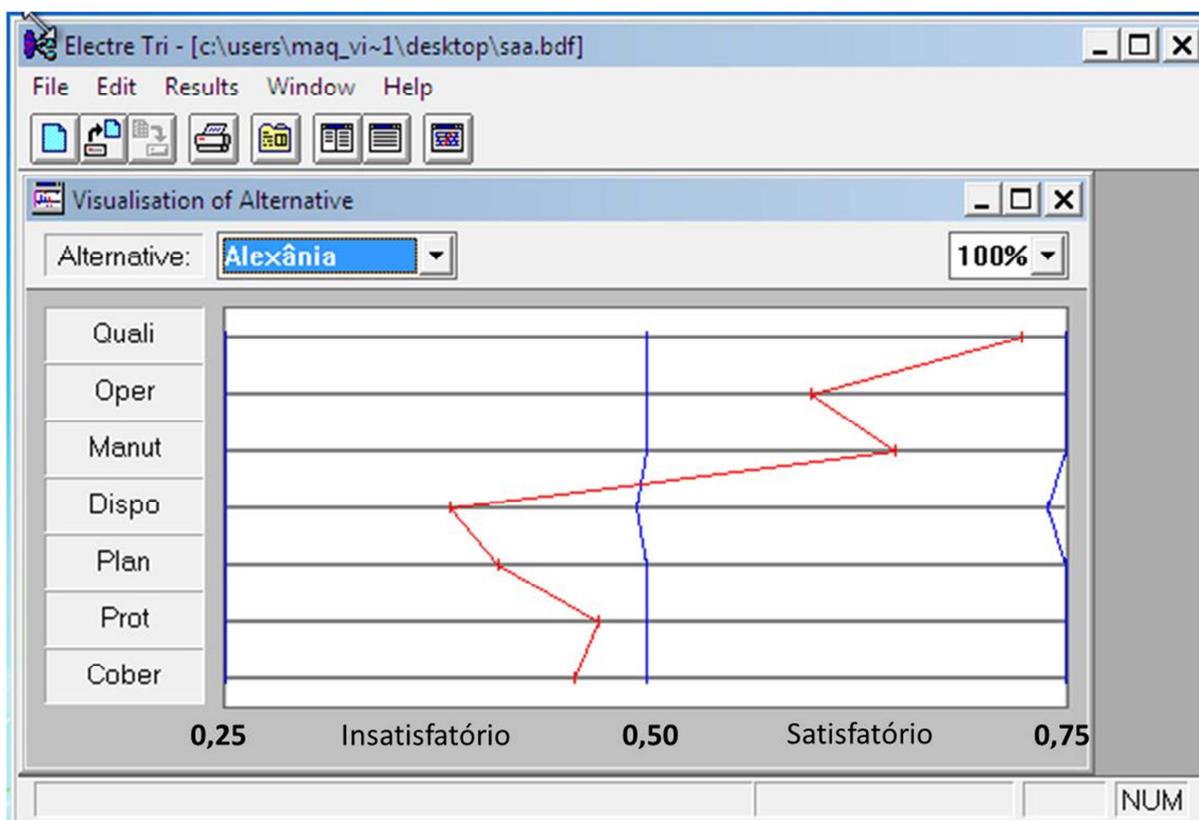


Figura 6.3 – Representação gráfica da análise multicritério para o SAA de Alexânia / GO

Conforme a Figura 6.3 demonstra, os critérios Qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI), Operação e eficiência energética (OPER) e Manutenção e qualidade do serviço (MANUT) obtiveram resultado satisfatório para o SAA de Alexânia. Já os demais critérios, Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO), Planejamento e potencial de antecipação (PLAN), Proteção e respeito às questões ambientais (PROT) e Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) recaíram na categoria de desempenho insatisfatório.

Entretanto, o resultado dos três critérios que obtiveram desempenho satisfatório assumiu valores mais elevados, capazes de trazer o resultado global do sistema para a condição satisfatória, na atribuição otimista, como pode ser verificado na Tabela 6.1, apresentada no tópico 6.5 – Resultados alcançados.

## 6.2 LUZIÂNIA

O município de Luziânia possui uma área de aproximadamente 4.000 km<sup>2</sup> e uma população de 191.139 habitantes (IBGE, 2013), tendo o setor de serviços como sua principal atividade econômica, seguida por indústria e agropecuária (IBGE, 2006).

A 58 km do Distrito Federal, Luziânia é o quinto município mais populoso de Goiás e constitui-se numa das unidades regionais do Estado para a Saneago – Empresa de Saneamento de Goiás S.A – concentrando atividades e atuando com a supervisão e apoio aos sistemas de água e esgoto de menor porte, como os dos municípios de Alexânia e Santo Antônio do Descoberto.

Como o SAA de Luziânia está sofrendo uma ampliação pela qual passará a utilizar o rio Corumbá como manancial, e, na ausência de dados a respeito das fontes atuais de captação – o rio Palmital, que atende somente 30% da população, e os poços que foram sendo perfurados para atender os 70% restantes da população luzianiense – o indicador 33 - Disponibilidade de recursos hídricos foi calculado para o futuro manancial a ser utilizado.

As obras de ampliação já foram iniciadas e atenderá diversos municípios goianos além de Luziânia. Após o término da implantação da nova infraestrutura, tanto os poços quanto a captação no rio Palmital serão desativados.

Outra particularidade verificada no SAA de Luziânia durante a realização da pesquisa foram os resultados contábeis, que, no ano de 2014, registrou prejuízo, isto é, as despesas foram maiores que as receitas. Mesmo assim, houve reinvestimento no sistema. Como o indicador 68 – Reinvestimento em infraestrutura é calculado com base no lucro do período considerado, tornou-se impossível determinar um valor para esse indicador.

O valor de -5,66% apresentado no Apêndice F – Dados dos SAAs do Estudo de Caso para o indicador 68 representa o percentual do reinvestimento sobre o prejuízo resultante que ocorreu no sistema de Luziânia naquele ano. Desse resultado, é possível inferir que, embora o SAA tenha apresentado saldo contábil negativo (prejuízo) – o que significa insustentabilidade financeira caso não haja fundo de reserva e a situação permaneça ao longo dos anos – o SAA de Luziânia está se preparando para o futuro e buscando melhorias. Isto significa uma ação positiva para o desempenho do sistema.

Sendo assim, optou-se por não contabilizar esse dado para o SAA de Luziânia, neutralizando-o, já que, nessas condições, o indicador 68 está representando, ao mesmo tempo, uma condição positiva e negativa. Além disso, não é possível compará-lo aos valores encontrados para os demais sistemas em que houve lucro nem avaliar o estado que esse percentual representa (bom, satisfatório, insatisfatório ou ruim), já que a escala foi construída numa referência considerada a partir da situação de lucro.

A Figura 6.4, a seguir, mostra os dados de entrada utilizados na aplicação do ELECTRE TRI para o município de Luziânia/GO. Esses dados referem-se às médias dos valores para os indicadores de cada critério considerado.

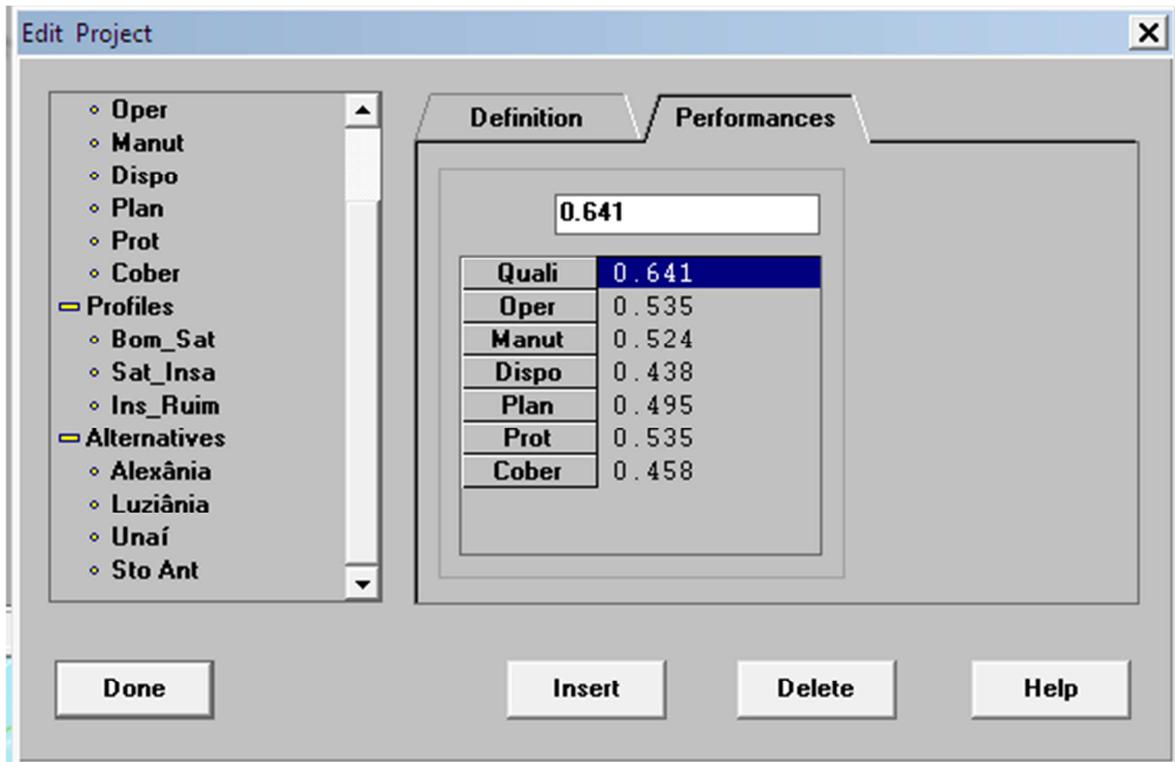


Figura 6.4 – Dados de entrada no ELECTRE TRI para Luziânia/GO.

A Figura 6.5 dispõe a variação dos resultados encontrada entre os sete critérios utilizados na análise ELECTRE TRI aplicada ao SAA de Luziânia / GO.

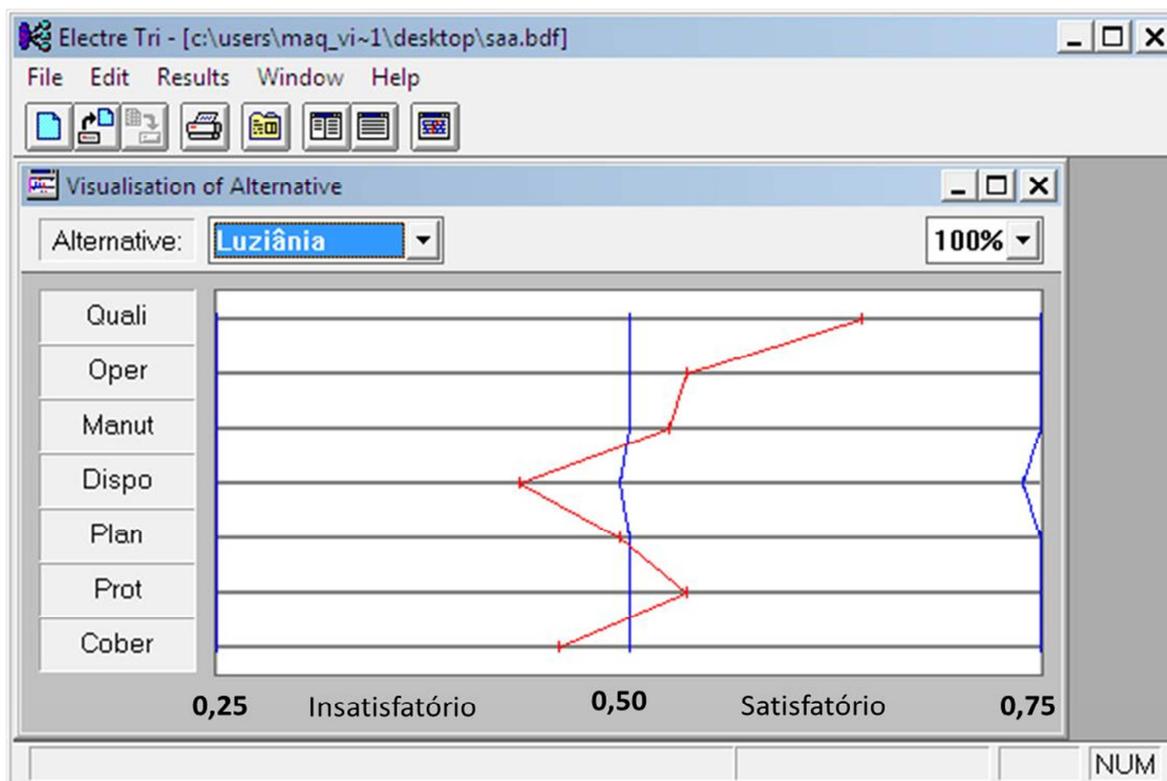


Figura 6.5 – Representação gráfica da análise multicritério para o SAA de Luziânia / GO

Segundo a Figura 6.5, os critérios Qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI), Operação e eficiência energética (OPER), Manutenção e qualidade do serviço (MANUT) e Proteção e respeito às questões ambientais (PROT) obtiveram resultado satisfatório para o SAA de Luziânia. Já os demais critérios, Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO), Planejamento e potencial de antecipação (PLAN) e Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) recaíram na categoria de desempenho insatisfatório.

O resultado alcançado por todos os critérios ficou em torno do limite estabelecido entre os dois estados “insatisfatório” e “satisfatório”. No entanto, o critério Qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI), desviou o resultado global no sentido do estado satisfatório.

### 6.3 SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO

O município de Santo Antônio do Descoberto, com área ocupando mais de 938 km<sup>2</sup>, faz fronteira com o Distrito Federal e grande parte de sua população de cerca de 68 mil habitantes (IBGE, 2013) desenvolve atividade econômica na capital federal.

Já as principais atividades econômicas desenvolvidas nos limites do território municipal são a criação de bovinos e aves e o cultivo de soja, feijão e milho (IBGE, 2006).

O SAA de Santo Antônio do Descoberto é composto por um sistema principal que abastece a maior parte da população e conta com uma ETA convencional e por um sistema independente de dez poços artesianos que atendem bairros afastados. A distribuição é feita, em sua maioria, por gravidade, havendo um booster para a parte alta da cidade.

A Saneago já está ampliando o sistema para desativar os poços uma vez que, sobre esses, o controle da qualidade da água é menor (realizada diariamente) enquanto que, na ETA, o controle é de hora em hora.

Conforme acontece com o SAA de Alexânia, as amostras coletadas nas pontas de rede são levadas à Luziânia para análises mais apuradas duas vezes por semana.

A Figura 6.6 a seguir mostra os dados de entrada utilizados na aplicação do ELECTRE TRI para o município de Santo Antônio do Descoberto/GO. Esses dados referem-se às médias dos valores para os indicadores de cada critério considerado.

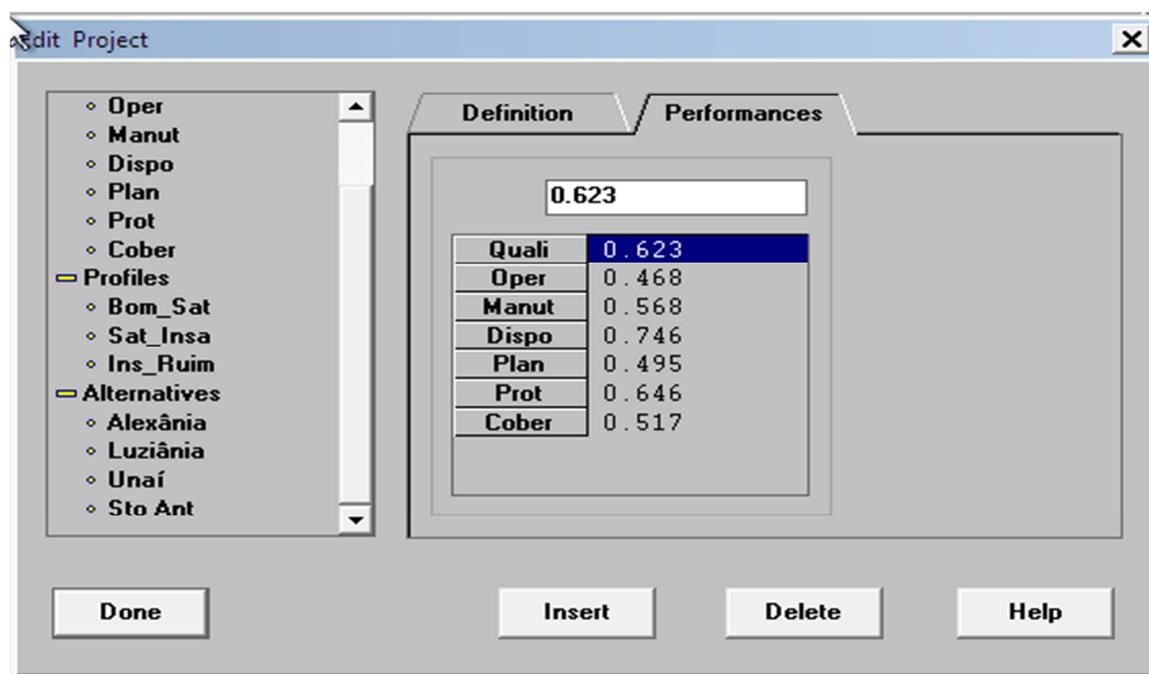


Figura 6.6 – Dados de entrada no ELECTRE TRI para Santo Antônio do Descoberto/GO.

A Figura 6.7 dispõe a variação dos resultados encontrada entre os sete critérios utilizados na análise ELECTRE TRI aplicada ao SAA de Santo Antônio do Descoberto / GO.

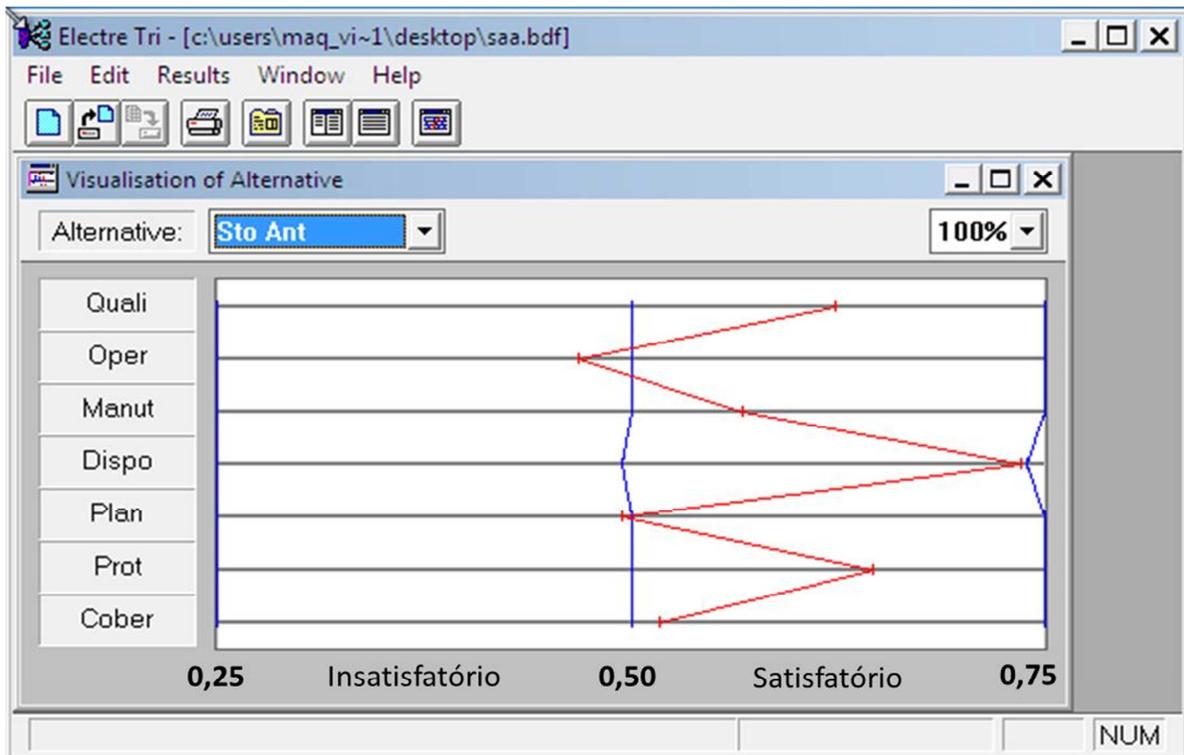


Figura 6.7 – Representação gráfica da análise multicritério para o SAA de Santo Antônio do Descoberto / GO

A Figura 6.7 demonstra que somente os critérios Operação e eficiência energética (OPER) e Planejamento e potencial de antecipação (PLAN) obtiveram resultado insatisfatório para o SAA de Santo Antônio do Descoberto, embora estes resultados estejam bem próximos do limite superior da categoria. Já os demais critérios, Qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI), Manutenção e qualidade do serviço (MANUT), Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO), Proteção e respeito às questões ambientais (PROT) e Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) recaíram na categoria de desempenho satisfatório.

Além disso, o critério Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO) obteve um desempenho bem próximo ao limite superior da categoria satisfatória, indicando haver facilidade de alocá-lo no estado “bom”.

O resultado alcançado pelo conjunto dos critérios gerou a classificação do sistema no estado “satisfatório” tanto na atribuição pessimista quanto na otimista, como pode ser verificado na Tabela 6.1, apresentada no tópico 6.5 – Resultados alcançados.

#### 6.4 UNAÍ

O município mineiro de Unaí, com área de cerca de 8.500 km<sup>2</sup>, situa-se a 170 km do Distrito Federal e tem uma população de mais de 82 mil pessoas (IBGE, 2013), desenvolvendo como principais atividades econômicas a criação de gado leiteiro, chegando a ter a terceira maior produção de leite entre os municípios brasileiros e se destacando também com o cultivo de cereais, como soja, milho e feijão (IBGE, 2006).

Conforme a Tabela 3.1 deste trabalho, a densidade populacional do município em torno de 9 hab/km<sup>2</sup> estava abaixo da densidade média nacional, que, no ano de 2013, era de 23,6 hab/km<sup>2</sup>.

O sistema de abastecimento de água de Unaí, operado pela autarquia municipal denominada Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) é composto, principalmente, por ETA convencional com captação de água no rio Preto, que apresenta vazão bastante elevada. Quase a totalidade da população é atendida por esse sistema principal, havendo, também, em operação, alguns poços que atendem bairros afastados e distritos de Unaí.

Já em 2011, de acordo com a Tabela 3.1, o município de Unaí apresentava um dos melhores índices de atendimento populacional com esgotamento sanitário da RIDE DF e Entorno: 70,20%.

A Figura 6.8, a seguir, mostra os dados de entrada utilizados na aplicação do ELECTRE TRI para o município de Unaí/MG. Esses dados referem-se às médias dos valores para os indicadores de cada critério considerado.

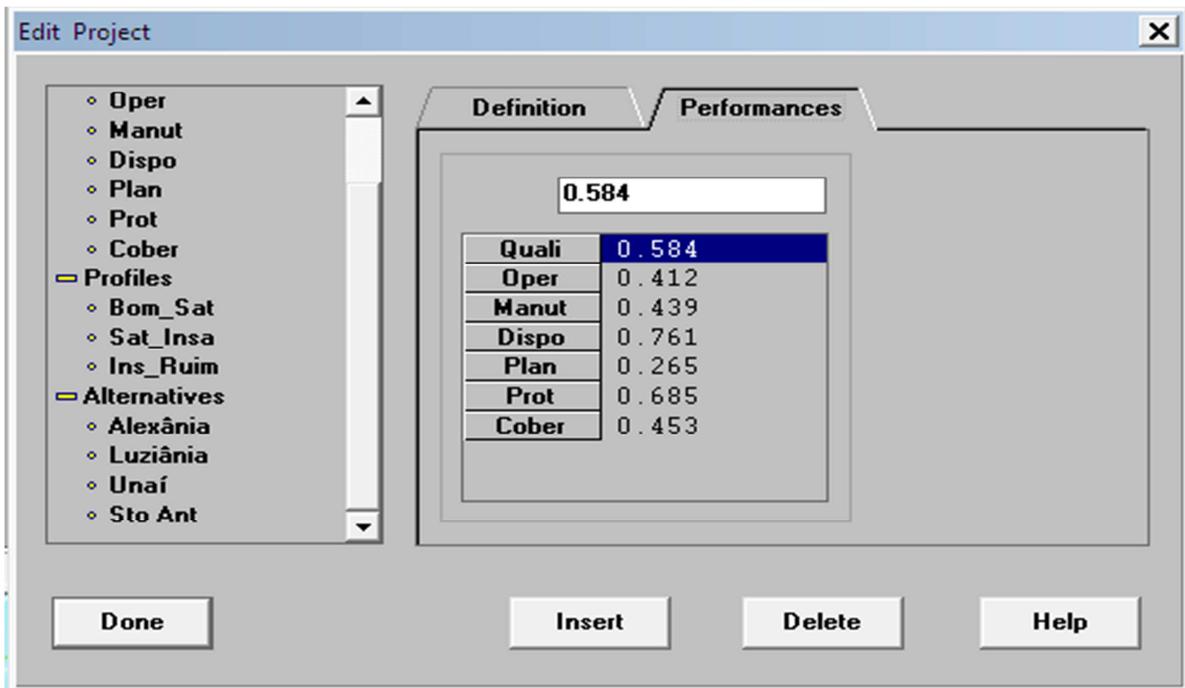


Figura 6.8 – Dados de entrada no ELECTRE TRI para Unaí/MG.

A Figura 6.9 dispõe a variação dos resultados encontrada entre os sete critérios utilizados na análise ELECTRE TRI aplicada ao SAA de Unaí / MG.

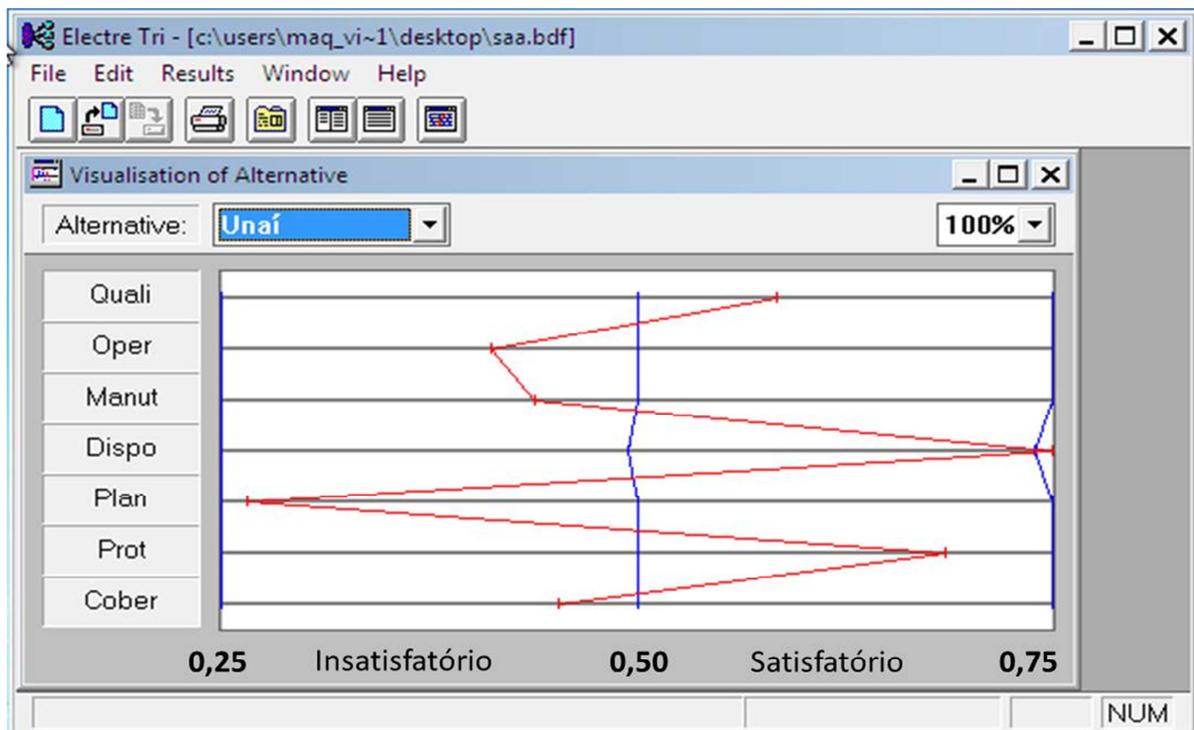


Figura 6.9 – Representação gráfica da análise multicritério para o SAA de Unaí / MG

A Figura 6.9 demonstra uma grande variabilidade dos valores encontrados para os critérios do SAA de Unaí. Enquanto o critério de Disponibilidade hídrica e capacidade instalada

(DISPO) apresentou o maior valor, encontrando-se no estado “bom”, o critério Planejamento e potencial de antecipação (PLAN) obteve o pior resultado, localizando-se próximo ao limite inferior do estado “insatisfatório”, prestes a entrar na condição “ruim”.

Além desses, os critérios Qualidade e quantidade da água fornecida (QUALI) e Proteção e respeito às questões ambientais (PROT) foram alocados no estado “satisfatório” e os critérios Operação e eficiência energética (OPER), Manutenção e qualidade do serviço (MANUT) e Capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) recaíram na categoria de desempenho “insatisfatório”.

Tamanha variação encontrada entre os valores apresentados para cada critério considerado, gerou a consideração do SAA de Unai na condição “insatisfatória” quando aplicada a atribuição pessimista e na condição “satisfatória” quando da aplicação da atribuição otimista pelo método ELECTRE TRI, como é apresentado na Tabela 6.1 do tópico 6.5 – Resultados alcançados.

Findada a sumária descrição dos SAAs pesquisados e suas condições particulares, segue a apresentação dos resultados obtidos com a aplicação do ELECTRE TRI nos quatro sistemas e discussões pertinentes.

## 6.5 RESULTADOS ALCANÇADOS

A aplicação do método ELECTRE TRI indicou que os quatro sistemas encontram-se no estado satisfatório, contudo, dentre eles, os sistemas de Alexânia, Luziânia e Unai já apresentam tendência a piorarem o desempenho, podendo passar ao estado insatisfatório caso não melhorem seus indicadores, conforme se apresenta na Tabela 6.1 que traz os resultados da aplicação do programa.

Tabela 6.1 – Resultados obtidos pelo ELECTRE TRI apresentados por alternativa

<b>Nome da Alternativa</b>	<b>Atribuição pessimista</b>	<b>Atribuição otimista</b>
Alexânia	Insatisfatório	Satisfatório
Luziânia	Insatisfatório	Satisfatório
Unai	Insatisfatório	Satisfatório
Sto. Antônio do Descoberto	Satisfatório	Satisfatório

A atribuição pessimista, no ELECTRE TRI, considera que a alocação de determinada ação em uma categoria ou estado pré-definido (ruim, insatisfatório, satisfatório ou bom) depende de que todas as performances da ação avaliadas, em relação a todos os critérios envolvidos, ultrapassem os valores do limite inferior da categoria – considerando um intervalo de

confiança – onde a ação é alocada. Este tipo de atribuição, normalmente, segundo Gonçalves, 2001, é aplicado a problemas onde se necessita prudência ou quando os recursos disponíveis funcionam como condições limitantes.

Já a atribuição otimista se processa pela alocação da ação na categoria onde nenhuma performance verificada para os critérios considerados ultrapassa o limite superior da mesma – considerando-se um intervalo de confiança. Aplica-se a problemas onde se deseja favorecer as ações que têm atrativos particulares ou qualidades excepcionais (Gonçalves, 2001).

De modo a analisar se os resultados apresentados pelo ELECTRE TRI são condizentes com a realidade percebida nos municípios em questão é necessário avaliar as informações levantadas em campo a respeito dos SAAs participantes e, principalmente, os valores encontrados para os indicadores considerados no método proposto.

Para facilitar essa análise, construiu-se a Tabela 6.2 que traz, de forma sintética, os valores encontrados, por SAA, para cada um dos critérios considerados no método (cada critério é composto pela média de um subconjunto de indicadores).

Tabela 6.2 – Resumo dos valores dos critérios por SAA avaliado

CRITÉRIO	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA				Média por critério	ESTADO
	ALEXÂNIA	LUZIÂNIA	STO ANTÔNIO	UNAÍ		
QUALI	0,724	0,641	0,624	0,584	<b>0,643</b>	Satisfatório
OPER	0,562	0,580	0,498	0,412	<b>0,513</b>	Satisfatório
MANUT	0,642	0,524	0,568	0,439	<b>0,543</b>	Satisfatório
DISPO	0,386	0,438	0,746	0,761	<b>0,583</b>	Satisfatório
PLAN	0,412	0,495	0,495	0,265	<b>0,417</b>	Insatisfatório
PROT	0,472	0,535	0,646	0,685	<b>0,585</b>	Satisfatório
COBER	0,458	0,458	0,517	0,453	<b>0,472</b>	Insatisfatório
Média por SAA	<b>0,522</b>	<b>0,524</b>	<b>0,585</b>	<b>0,514</b>		
ESTADO	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório		

A partir desses valores, calcularam-se a “média por critério” e a “média por SAA” e, para cada uma dessas médias, foi atribuído o estado correspondente de acordo com a escala proposta no método.

Os valores dos indicadores por município são apresentados, na íntegra, no Apêndice F – Dados dos SAAs do Estudo de Caso, como citado no item 5.2.5.

Na Tabela 6.2, foram destacados os valores mais baixos encontrados para cada critério. É possível averiguar que, de maneira geral, não foi constatada condição muito preocupante dos sistemas avaliados, pois grande parte dos valores encontrados está acima de 0,5 que caracteriza condição satisfatória ou boa. A média geral dos sete critérios para todos os SAAs é de 0,536.

A média por SAA resultou no estado satisfatório (entre 0,50 e 0,75) em todos os casos, demonstrando que os valores abaixo de 0,5 não foram suficientes para prejudicar o estado geral do sistema, sendo que se aplicou o cálculo de média simples.

As médias calculadas por critério apresentaram-se no estado satisfatório para os critérios: Qualidade da água e quantidade fornecida (QUALI), Operação e eficiência energética (OPER), Manutenção e qualidade do serviço (MANUT), Disponibilidade hídrica e capacidade instalada (DISPO) e Proteção e respeito às questões ambientais (PROT). Já os critérios Planejamento/ potencial de antecipação (PLAN) e capacidade de cobertura dos custos e investimentos (COBER) apresentaram-se no estado insatisfatório – abaixo de 0,50.

Observa-se que, entre os critérios adotados, QUALI apresentou o melhor resultado (maior média) e PLAN, o pior. Já para os municípios, a pior condição ficou com Unai e a melhor para Santo Antônio do Descoberto, o que condiz com o resultado apresentado pelo ELECTRE TRI que apresentou estado satisfatório para o SAA de Santo Antônio do Descoberto para ambas as atribuições: otimista e pessimista, corroborando com o fato do mesmo estar numa situação melhor com referência aos demais.

Analisando-se o pior caso entre os municípios, Unai, verifica-se que esse SAA apresentou os menores valores do conjunto de sistemas para cinco critérios: QUALI, OPER, MANUT, PLAN e COBER. Isto significa que o diagnóstico – condições de funcionamento atual – e as inovações nesse sistema não se encontram muito próximas às condições desejadas.

Tanto os critérios OPER, MANUT e COBER, associados ao diagnóstico dos SAAs, quanto o critério PLAN, ligado à adoção de técnicas mais inovadoras no sistema, apresentaram-se dentro da faixa designada ao estado insatisfatório.

Já os critérios DISPO e PROT, associados ao prognóstico do SAA, apresentaram o maior valor para o SAA de Unaí, sendo que DISPO adequa-se ao estado bom. Os valores elevados desses dois critérios, 0,761 e 0,685, respectivamente, elevou a classificação geral de Unaí, colocando-o também no patamar de sistema em condições satisfatórias.

Interpretando-se tais dados, tem-se que, apesar de uma funcionalidade atual não muito boa, o SAAE de Unaí adota ações que preservam a qualidade ambiental, além de ter uma confortável oferta de água. Esse quadro torna o SAA de Unaí com grande potencial de melhoria a fim de que possa ser considerado futuramente no estado bom.

Caso fossem tomados para os critérios DISPO e PROT, no SAA de Unaí, a média dos outros três SAAs, 0,523 e 0,551, respectivamente, o mesmo se enquadraria ao estado insatisfatório com média de 0,461.

Em virtude de os valores para o critério QUALI terem variado entre 0,584 e 0,724, o parâmetro de veto, adotado em 0,3, não interferiu no resultado de nenhum dos quatro sistemas. O emprego do método em mais municípios da RIDE DF e Entorno ou do Brasil poderá demonstrar outros valores como mais adequados para adoção nos parâmetros de indiferença, preferência e veto.

Evidentemente que se trata de uma primeira aplicação cujo objetivo era testar a pertinência da abordagem proposta. Os próprios desempenhos aqui determinados careceriam de uma maior verificação, como já salientado. Mesmo com valores mais acurados desses desempenhos, análises de sensibilidade dos resultados, para verificação de sua robustez, podem ser empreendidas em próximas utilizações dessa metodologia.

## **7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A definição de um método para a avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água foi motivada pela necessidade de se realizar um planejamento bem estruturado de todos os componentes do saneamento, a fim de possibilitar o uso cada vez mais racional e sustentável dos recursos direcionados ao setor.

No componente abastecimento de água, assim como nos demais, é preciso realizar, como etapa inicial ao planejamento, um diagnóstico capaz de identificar quais são os pontos fracos e fortes de cada sistema dentro de uma visão global que capture os pontos essenciais para intervenção: as prioridades, necessidades e aqueles onde se obterá maior ou mais rápido retorno.

Diante da crescente complexidade que atualmente envolve os recursos hídricos, pressionados pelo aumento populacional e sua concentração cada vez maior nas zonas urbanas assim como pelas alterações climáticas e poluição das águas, buscou-se desenvolver um método de avaliação de desempenho dos SAAs, ao mesmo tempo, simples e abrangente.

A proposição de utilizar indicadores de desempenho e análise multicritério para a classificação dos SAAs de acordo com um padrão idealizado encontrou diversas dificuldades ao longo do desenvolvimento do método.

A primeira delas foi a seleção de indicadores que transmitissem informação importante a respeito do desempenho dos SAAs, diante da extensa gama de indicadores utilizados no Brasil e no mundo sem, contudo, haver muitas informações dos valores normalmente encontrados ou esperados para cada um deles.

A primeira ação no sentido de alcançar um conjunto de indicadores satisfatório foi levantar informações sobre o SAA e seu funcionamento, refletindo quanto aos aspectos que deveriam ser considerados para a avaliação do desempenho deles.

Foi essencial a construção de mapa conceitual a respeito de sistemas de abastecimento de água, tomando como questão focal a avaliação do desempenho sobre o pano de fundo do planejamento em saneamento.

A partir do mapa conceitual construído, alocaram-se os indicadores previamente selecionados na literatura (indicadores de escala contínua), propondo indicadores

denominados discretos (booleanos e textuais) para a complementação das interfaces levantadas pelo mapa que não foram inicialmente contempladas pelos indicadores tidos como convencionais (existentes na literatura).

O uso do mapa conceitual mostrou-se bastante útil para a seleção dos indicadores diante do extenso número de exemplares existentes para os SAAs, mas que, em sua maioria, têm mais importância empresarial e regulatória. A etapa de consulta a especialistas por meio de formulário *online* também auxiliou na conformação do conjunto de indicadores, provocando alguns ajustes no conjunto original submetido aos especialistas.

Outro grande desafio foi determinar o escalonamento dos indicadores que se fundamentou em poucos dados referenciais para os valores passíveis ou desejáveis de serem encontrados para os indicadores disponíveis na literatura; nos indicadores registrados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e no conhecimento adquirido em experiências anteriores quanto ao serviço de abastecimento de água.

Assim, é evidente que as escolhas realizadas para a composição do escalonamento podem ser questionadas. No entanto, o objetivo desta pesquisa foi formular um método e aplicá-lo como primeiro teste. Aplicações futuras do método ou novas pesquisas poderão indicar outros valores referenciais que norteiem a construção de escalas com maior exatidão com relação à realidade encontrada nos SAAs brasileiros.

A consideração dos aspectos relacionados à avaliação de desempenho dos SAAs deu origem aos critérios utilizados no cálculo do ELECTRE TRI. A distribuição dos indicadores entre os critérios também enfrentou dificuldades, principalmente na definição do limite entre o que se considera operação e manutenção, atividades normalmente abordadas em conjunto.

Apesar das dificuldades, verificou-se que o método proposto permite a identificação dos sistemas que se encontram em pior e melhor condições, quais critérios estão em pior estado e o que deve ser prioritário na busca por melhores desempenhos dos SAAs sem, contudo, comparar um sistema com outro e sim com um padrão desejado, o qual ainda pode ser aperfeiçoado por meio do refinamento da escala de indicadores, por exemplo.

A melhoria do método proposto está atrelada à realização de outras pesquisas na área que apontem com mais segurança os valores ideais para os indicadores assim como também é necessário aperfeiçoar os registros realizados desses indicadores pelos operadores. É

recomendável que os mesmos passem a incluir o registro de variáveis e indicadores mais complexos, como o monitoramento da pressão na rede, a prática de inspeções e manutenção de forma ativa, diferenciando-a da passiva e outras inclusões.

Do mesmo modo, é necessário tornar mais criterioso o registro de indicadores comumente realizados de forma precária, como os relacionados aos problemas com interrupção e intermitência do funcionamento do sistema (população atingida, duração, frequência), permitindo a inclusão desses importantes indicadores no método que tanto podem informar a respeito do gerenciamento do sistema e suas condições de funcionamento quanto sobre problemas com escassez de água e riscos de recontaminação da água tratada.

Apesar de terem sido utilizadas para alguns indicadores, é recomendável evitar o uso de estimativas no método proposto que podem distorcer os resultados.

Outro ponto a ser averiguado, e talvez melhorado, é a distribuição dos pesos entre os critérios, os quais podem assumir inúmeras configurações, tendo sido sua determinação subjetiva neste trabalho em decorrência da falta de dados suficientes (quantidade maior de SAAs avaliados) para que fosse possível realizar testes e comparações entre distintas configurações de pesos. Do mesmo modo, julga-se pertinente proceder a análise de sensibilidade dos resultados obtidos por meio da utilização da metodologia proposta.

Apesar de terem sido sugeridos 70 indicadores, a aplicação do método ocorreu com o emprego de 69, pois, conforme explicado no capítulo 8 deste trabalho, o indicador 66 – Razão de solvência não pôde ser calculado para os SAAs da Saneago (Alexânia, Luziânia e Santo Antônio do Descoberto), já que a empresa estadual contabiliza os ativos e passivos em sua totalidade – para todo o Estado de Goiás – e não possui essa informação por sistema.

Recomenda-se que as empresas regionais de saneamento façam uma reestruturação em sua contabilidade para, assim, terem maior controle de suas finanças, identificando os sistemas que estão em boas condições financeiras e os que não estão e permitindo o uso do método em sua forma integral.

O indicador 68 – Reinvestimento em infraestrutura (%) não foi calculado para o SAA de Luziânia, mas entrou no cálculo para os demais sistemas. Como esse indicador representa o percentual do lucro que é reinvestido no próprio sistema e o SAA de Luziânia apresentou

prejuízo no período, não foi possível calculá-lo ainda que o SAA tenha efetuado reinvestimentos no mesmo período.

Conforme discutido no capítulo 8, o fato de ter havido reinvestimento no SAA de Luziânia é um ponto positivo, desde que não haja, por isso, desfalque financeiro muito grande na empresa e isto dependerá de como foram seus ganhos financeiros anteriores (se a empresa tem reserva) e qual seu potencial de ganho nos anos vindouros. Entretanto, não é possível determinar qual o percentual em cima do prejuízo que pode ser considerado bom ou ruim, logo, nesses casos, esse indicador deve ser excluído do cálculo do critério COBER (cobertura dos custos e investimentos) e esta observação deve ser incluída no quadro resumo do indicador 68 (Apêndice C – Quadro resumo por indicador).

A aplicação do método na RIDE DF e Entorno representou, por meio da grande diversidade de características entre seus municípios componentes e entre esses e o Distrito Federal, uma boa base para a calibração dos indicadores iguais ou semelhantes aos utilizados no SNIS, a fim de compor o escalonamento.

Essa variabilidade entre as unidades da RIDE, que engloba municípios de pequeno e médio porte – sendo o Distrito Federal de grande porte – com alguns apresentando predominância rural e outros, urbana, alguns com forte ligação com a capital federal e outros que não apresentam vínculo algum etc., conferiu maior segurança à adoção dos valores propostos para o que se considerou ruim, insatisfatório, satisfatório ou bom e muito contribuiu para a superação da ausência de valores referenciais para os indicadores na literatura.

Ainda assim, como forma de verificar o escalonamento adotado e o método proposto, recomenda-se sua utilização em outros sistemas de abastecimento de água, localizados em municípios que não pertençam à RIDE DF e Entorno e que seja realizada a etapa de delimitação da área de influência em que o município está inserido mesmo que esse não pertença a uma região específica como uma RIDE.

Com essa delimitação da área de influência sobre os municípios escolhidos, deve-se proceder ao levantamento dos indicadores escalonados a partir dos valores encontrados no SNIS para toda a região delimitada e assim verificar se os valores adotados neste trabalho condizem com os valores e realidade verificados para essa outra região.

Além disso, é preciso levantar valores em série dos indicadores não abordados pelo SNIS a fim de que se possam aprimorar as escalas propostas para eles e assim aperfeiçoar todo o método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água.

Assim, pode-se colocar, sumariamente, as seguintes recomendações para prosseguimento e melhoria da presente pesquisa com o intuito de melhor avaliar a eficácia do método para avaliação do desempenho de SAAs proposto e possibilitar o ajuste de parâmetros ora utilizados:

- Aplicação do método em mais municípios da RIDE DF e Entorno;
- Consideração dos valores em série dos indicadores a fim de que se possam aprimorar as escalas propostas;
- Orientação aos prestadores do serviço de SAA quanto à necessidade de inclusão do registro de variáveis e indicadores mais complexos, como o monitoramento da pressão na rede, a prática de inspeções e manutenção de forma ativa, diferenciando-a da passiva e outras inclusões e até mesmo inclusão destes no levantamento do SNIS;
- Avaliação da pertinência da utilização de mais categorias de alocação, além das quatro utilizadas neste trabalho (ruim, insatisfatório, satisfatório e bom);
- Melhoria no registro de indicadores importantes comumente registrados de forma precária, como os relacionados aos problemas com interrupção e intermitência do funcionamento do sistema: população atingida, duração e frequência;
- Melhoria na distribuição dos pesos entre os critérios propostos para agrupamento dos indicadores;
- Seleção amostral de outros municípios brasileiros para a composição de um escalonamento dos indicadores com representatividade nacional;
- Verificação da diferenciação entre o escalonamento dos indicadores com representatividade nacional e o escalonamento ora proposto para a RIDE DF e Entorno. Em caso de diferenciação considerável, verificar, por meio de comparação de resultados, qual escala seria a mais adequada para ser aplicada aos municípios da RIDE DF e Entorno a fim de se determinar se a aplicação do método para avaliação de desempenho de SAA proposto é mais adequada em âmbito nacional ou regional, entre outras recomendações de aprimoramento e prosseguimento da presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABES (2013). *Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas para o efetivo Combate*. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 45p.
- Acsehrad, H. (1993). “Desenvolvimento sustentável: a luta por um conceito.” In: *Revista Proposta*. Rio de Janeiro: FASE, **17** (56), 3-8p.
- Acsehrad, H. (2001). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. Coleção espaços do desenvolvimento, Rio de Janeiro, DP&A Editora e CREA-RJ, 240p.
- Adriaanse, A. (1993). *Environmental policy performance indicators: a study on the development of indicators environment*. Koninginnegrach, Holanda, 175 p.
- Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera JR., H., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. e Parena, R. (2006). *Performance indicators for water supply services*. 2. Ed. Londres, IWA Publishing, 312 p.
- Alegre, H., Hirner, W.; Baptista, J. M. e Parena, R. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água*. Versão portuguesa de: *Performance indicators for water supply services*. IWA – Internacional Water Association. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Série Guias Técnicos 1. Lisboa, Portugal, 277p.
- Alves, I.C.C., El-Robrini, M., Santos, M.L.S., Monteiro, S.M, Barbosa, L.P.F. e Guimarães, J.T.F. (2012). *Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)*. Revista Acta Amazônica. vol. 42(1) 2012: 115 – 124.
- Ayres, J.R.C.M. (2011). *Desenvolvimento histórico-epistemológico da Epidemiologia e do conceito de risco*. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 27(7):1301-1311.
- Azevedo, H.P.L. e Alves, A. M. (2010). “RIDES – Por que cria-las?” In: *Geografias, Artigos Científicos*. Belo Horizonte **2**(06) 87-101p.
- Azevedo Netto, J. M. (1998). *Manual de Hidráulica*. São Paulo: Editora Blucher. 669p.
- Bággio, M.A. (1996). *Planejamento e Controle da Qualidade da Operação de sistemas de abastecimento de água: o enfoque da Operação*. Curitiba: Publicação Hoperações. 100p.

- Barbosa, A.G. (2004). *A descentralização do setor saneamento de Itabuna: uma interação entre estado e município, uma abertura aos atores sociais*. RDE – Revista de Desenvolvimento Econômico. Ano VI, n. 9. Salvador, BA, 94 – 103, 10p.
- Barrera-Roldan, A. e Saldívar-Valdés, A. (2002). “Proposal and Application of a Sustainable Development Index.” In: *Ecological Indicators*, **2**, 251-256.
- Barros, R.T.V.; Chernicaró, C.A.; Héller, L. e Sperling, M. (1995). Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Vol.2. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 221p.
- Bartasson, L.A. (2012). *Contribuição do material didático PROBIO – Educação ambiental para a compreensão de conceitos ecológicos na educação básica: uma avaliação por meio de mapas conceituais*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília/DF, 55 p.
- Bartram, J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A. e Stevens M. (2009). *Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking water suppliers*. World Health Organization. Geneva, 101p.
- Bastos, A.V.B. (2002). “Mapas cognitivos: ferramentas de pesquisa e intervenção em processos organizacionais”. In: *Comportamento Organizacional e Gestão*, vol, 2, nº 2, 191-209p.
- Batista, M.E.M. (2005). Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão urbana baseado em indicadores ambientais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia. João Pessoa / PB, 87p.
- Bernardo, M. (2001). “Políticas públicas e sociedade civil” In: Bursztyn, M. (Org.). *A Difícil Sustentabilidade – Política Energética e Conflitos Ambientais*. 2 ed. Editora Garamond Ltda, Rio de Janeiro, 103-122.
- Borja, P.C. (2005). Influência das instituições financeiras internacionais na gestão do Saneamento ambiental no Brasil.
- Brasil (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Publicada no Diário Oficial da União de 05/10/1988.
- Brasil (1997). Lei Nacional de Recursos Hídricos nº 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

- Brasil (1998). Ministério das Cidades. . *Controle da pressão na rede*. Documento Técnico de Apoio. DTA D1. Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. Versão preliminar para discussão. Brasília, DF. 82 p.
- Brasil (2000). *Lei nº 9.985*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- Brasil (2006a). Ministério da Saúde. *Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde*. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 252 p.
- Brasil (2006b). Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos – Diretrizes*. Secretaria de Recursos Hídricos. **3**. Brasília, DF.
- Brasil (2007). Lei 11.445. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- Brasil (2009). Ministério das Cidades. *Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos*; v.3. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS). Prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília. 277p.
- Brasil (2011). Ministério da Saúde. *Portaria 2.914*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) Acesso em 26 de outubro de 2014.
- Brasil (2013). Ministério da Integração Nacional. Disponível em <http://www.integracao.gov.br>. Acesso em 30 de novembro de 2013.
- Brasil (2014a). Ministério das Cidades. *Plano de Saneamento Básico Participativo*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Disponível em <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/175/titulo/PLANO+DE+SANEAMENTO+BASICO+PARTICIPATIVO>. Acesso em 15 de abril de 2014.
- Brasil (2014b). Ministério do Meio Ambiente. *Governança Ambiental*. Portal Nacional de Licenciamento Ambiental. Disponível em <http://www.mma.gov.br/governanca->

[ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/atualidades-empreendimentos/item/8325](http://ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/atualidades-empreendimentos/item/8325). Acesso em 30 de outubro de 2014.

- Brasil (2015). *Decreto nº 8.629*. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
- Caldas, A.L.R. (2012). *Método de diagnóstico para gestão participativa de recursos hídricos: estudos de caso e modelagem conceitual com enfoque DPSIR*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 179 p.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2004). *From source to tap: Guidance on the multi-barrier approach to safe drinking water*. 242p.
- Cançado, V.L e Costa, G. M. (2002). *A Política de Saneamento Básico: Limites e Possibilidades de Universalização*. X Seminário sobre a Economia Mineira. Diamantina, Minas Gerais. Disponível em <[www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/texto/d63.pdf](http://www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/texto/d63.pdf)>. Acesso em agosto de 2014.
- Carinhas, A. C. (2010). *Política de Preços da Água na União Europeia – Análise comparativa para diferentes contextos económicos, sociais e políticos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 147p.
- Carvalho, B.E.F.C. (2013). *A avaliação de desempenho da prestação de serviços de abastecimento de água independe da perspectiva do avaliador, se usuário ou prestador?* Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 172p.
- Carvalho, B.E.F.C. (2015). *Como avançar no processo decisório de escolhas regulatórias do setor de saneamento básico quando do contexto de cenários de mudanças climáticas?* Seminário I de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 135p.
- Cooper, P.F. (2001). “Historical aspects of wastewater treatment”. In: Lens, P.; Zeeman, G. e Lettinga, G. (eds.) *Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation*. IWA Publishing. 650 p.
- Correia, P.R.M., Infante-Malachias, M.E. e Godoy, C.E.C. (2008). “From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative concept maps.” In: *International Conference on Concept Mapping, III*. Finland. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2008papers/cmc2008-p146.pdf>>.
- Côrtes, J.M. (2009). *Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF, 316 p.

- Costa, A.J. (2003). *Metodologia para análise de tarifas de sistemas de abastecimento de água – SAA com base nos custos de implantação e operação do sistema*. Dissertação Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 124p.
- Costa, A.M. e Melo, C.H. (1997). *Saneamento: responsabilidade do município – Como fazer saneamento no seu município*. Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE. Brasília.
- Covas, D. e Ramos, H. (1999). *Practical Methods of leakage control, detection and location in pressurized systems*. Technical University of Lisbon, Portugal. 16p.
- CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. (1998). “Termo de referência para elaboração de estudo de impacto ambiental – EIA, Relatório de Impacto Ambiental – RIMA relacionado à implantação de sistemas de abastecimento d’água. Núcleo de Avaliação de Impacto Ambiental”. In: *Manual de Diretrizes para Avaliação de Impactos Ambientais*. Recife: CPRH/GTz, 1 ed. Parte 6, Título 8.
- Davison, A., Howard, G., Steven, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D. e Bartram, J. (2005). *Water Safety Plans – Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. Water, Sanitation and Health Protection and the Human Environment. World Health Organization, Geneva. 235p.
- De Paula, R. L. (2013). *Metodologia para avaliação de desempenho operacional de estações de tratamento de esgotos, utilizando métodos multiobjetivo e indicadores*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-151/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 262p.
- Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G. e Dufour, A. (2001). “Management strategies”. In: Fewtrell, L. e Bartram, J. *Water quality. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. IWA Publishing, London, UK.
- Dias, M.L.G.G, Souza, D., Nishi, L., Pupulin, A.R.T., Guilherme, A.L.F. e Falavigna, D.L.M (2008). *Avaliação da água do Sistema de abastecimento municipal de Maringá, PR, com relação à possível ocorrência de Cryptosporidium sp. e Giardia sp.* Cienc Cuid Saude 2008;7(Suplem. 1): 100-106.
- Du Toit, D.R., Biggs, H. e Pollard, S. (2011). “The potential role of mental methodologies in multistakeholder negotiations: integrated water resources management in South

- Africa.” In: *Ecology and Society* **3**(16), 21. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss3/art21/>
- ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores*. 2.<sup>a</sup> geração do sistema de avaliação. ERSAR/LNEC. Série Guias Técnicos. 241p.
- Fernandes, C.H. (1996). *Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social – um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão – “MACBETH”*. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 145 p.
- Freitas, V.V. (2011). *Controle e redução de perdas em sistemas de distribuição de água: contribuição na preservação dos mananciais de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação. São Paulo. 180p.
- Galvão Júnior, A.C. e Paganini, W.S. (2009). “Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil.” *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **14**, n. 1, Rio de Janeiro, 79-88.
- Galvão Júnior, A.C. e Silva, A.C. (2006). *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. ABAR – Associação Brasileira de Agências de Regulação 2. Ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 204p.
- Gartner, I.R. (2001). *Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas*. Editora Universa, Brasília. 229 p.
- Geldreich, E.E. e LeChevallier, M. (1999). “Microbiological quality control in distribution systems”. In: *Water quality and treatment: a handbook of community water supplies*. 4.ed. New York: McGraw Hill, p.18.1-49.
- Generino, R.C.M. e Cordeiro Netto, O.M. (1999). *Métodos Multicritério ELECTRE*. Texto de disciplinas, Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.
- Godfrey, S. e Howard, G. (2005). *Water safety plans: book 1 – planning water safety management for urban piped water supplies in developing countries*. London: Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University. 106 p.
- Gonçalves, R.W. (2001). *Métodos multicritérios como apoio à decisão em comitês de bacias hidrográficas*. Dissertação (Mestrado). UNIFOR, Fortaleza. 114 p.
- Governo do Estado de Goiás. (2010). *Termo de responsabilidade e ajustamento de conduta*. Ministério Público do Estado de Goiás, Procuradoria-Geral de Justiça. Prefeitura

- Municipal de Cidade Ocidental. Saneamento Ambiental S/A – Saneago. Cidade Ocidental, Goiás.
- Harada, A.L. e Cordeiro Netto, O.M. (1999). *Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão*. Texto de disciplinas, Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.
- Heller, L. (2006). *Acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: considerações históricas, conjunturais e prospectivas*. Oxford: Centre for Brazilian Studies, University of Oxford.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006). IBGE Cidades. Informações sobre os municípios do Brasil: gráficos, tabelas, históricos e mapas que traçam um perfil completo de cada uma das cidades brasileiras. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/>, acesso em 16 de março de 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo Demográfico. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em 09 de outubro de 2014.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). IBGE. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>, acesso em 05 de julho de 2015.
- Junqueira, L.A.P., Inojosa, R.M. e Komatsu, S. (1997). “Descentralização, intersetorialidade na gestão pública municipal no Brasil: a experiência de Fortaleza” In: *El Tránsito de la Cultura Burocrática al Modelo de la Gerencia Pública: Perspectivas, Posibilidades y Limitaciones*. Concurso de Ensayos del CLAD XI, Caracas.
- Lambert, A., Brown, T.G., Takizawa, M. e Weimer, D. (1999). *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. AQUA, 48(6), 227-237.
- Makino, D.L. (2012). Eficiência energética em sistemas de abastecimento de água usando bombas de rotação variável. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia. Limeira / SP, 133p.
- Manzi, D. e Silva, J.R. (2004). Avaliação da manutenção preventiva em hidrômetros instalados na cidade de Piracicaba, SP. IV SEREA – Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa/PB. 10p.
- Maricato, E. (1994). “Reforma urbana: limites e possibilidades uma trajetória incompleta”. In: Ribeiro, L.C.Q. e Santos Jr., O. A. *Globalização, fragmentação e reforma urbana: o futuro das cidades brasileiras na crise*. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro.

- Maricato, E. (2000). “As Idéias Fora do Lugar e o Lugar Fora das Idéias”. In: Arantes, O., Vainer, C., Maricato, E. *A Cidade do Pensamento Único: Desmanchando Consensos*. Vozes, Petrópolis, RJ.
- Marinho, M.M.O., Santana, R.A., Pimentel, R.M.C, Agra Filho, S.S., Loureiro, A., Garrido, E. e Pereira, F. (2006). *Indicadores de sustentabilidade ambiental*. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia e Universidade Federal da Bahia. Série Estudos e Pesquisas (75). Salvador, BA. 83p.
- Marques, M.A.F. (2010). *Metodologia para aplicação dos princípios do ciclo de vida a sistemas de drenagem de águas residuais*. Dissertação Mestrado. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia. Portugal, 99p.
- Mendonça, E.C. (2009). *Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília/DF, 176p.
- Miller, R.G., Kopfler, F.C., Kelty, K.C., Stober, J.A. e Ulmer, N.S. (1984). *The occurrence of aluminum in drinking water*. Journal AWWA, Denver, v.76, n.1, p.84-91, Jan.
- Miranda, A.B.T. e Teixeira, B.A.N. (2004). “Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário”. In: *Revista Eng. Sanit. Ambient.* 9(4) 269-279p.
- Miranda, E.C. (2002). *Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água – Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade*. Dissertação Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Distrito Federal. 200p.
- Moreno, J. (2009) *Avaliação e gestão de riscos no controle da qualidade da água em redes de distribuição: estudo de caso*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo. 579p.
- NBR ISO 14040. (2001). *Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 10p.
- OCDE – Organização de cooperação e desenvolvimento econômico (2002). *Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais*. (Série cadernos de referência, 9). Tradução Ana Maria S. F. Teles. Salvador: CRA, 224p.
- Ogera, R.C. e Phillipi Jr, A. (2005). “Gestão dos serviços de água e esgoto nos municípios de Campinas, Santo André, São José dos Campos e Santos, no período de 1996 a 2000”. *Eng. Sanit. Ambient.* v 10, n.1, jan./mar, p. 72-81.

- Pádua, V.L. (2009). *Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano*. Projeto PROSAB. ABES: Rio de Janeiro, 392p.
- Pereira, V.E. (2011). *Disposição de lodo adensado de ETA em ETE com tratamento primário quimicamente assistido*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 140p.
- Piza, F.J.T. e Paganini, W.S. (2006). “Uma proposta de indicadores”. In: Galvão Júnior, A.C e Silva, A.C. *Regulação – Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR). Fortaleza, 204 p.
- Prince, A.A. (2006). Rede de Distribuição. In: *Abastecimento de água para consumo humano*. HELLER, L e PÁDUA V.L. (orgs.). Belo Horizonte. Editora UFMG. p.603-661.
- Reali, M.A.P. (1999). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. ABES, Rio de Janeiro. 240p.
- Rede Nossa São Paulo. (2012). Indicadores e referências de metas para São Paulo 2013-2016. Programa Cidades Sustentáveis. Disponível em: [www.NossaSaoPaulo.org.br](http://www.NossaSaoPaulo.org.br). Acesso em 03 de dezembro de 2014. São Paulo, 36p.
- Ribeiro, H. (2004). “Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos”. In: *Saúde e Sociedade* v.13, n.1, jan-abr,70-80p.
- Ribeiro, M.C.M. (2012). “Nova portaria de potabilidade de água: busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil.” In: *Revista DAE* 189, Sabesp, maio-agosto 2012, p. 8-14.
- Rodrigues, C.J.M. (2012). A Rentabilidade como Factor Primordial na Sustentabilidade de Sistemas de Abastecimento e Saneamento. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu. 125p.
- Sachs, I. (1993). *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. Tradução: Magda Lopes. Fundação do Desenvolvimento Administrativo, Studio Nobel, São Paulo.
- Sadiq, R.; Kleiner, Y. e Rajani, B. (2004). “Aggregative risk analysis for water quality failure in distribution networks”. In: *Journal of Water Supply Research and Technology: Aqua*, v. 53, nº 4., May 2004, 241-261p.
- Sarzedas, G.L. (2009). *Planejamento para a substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região*

- Metropolitana de São Paulo*. Dissertação Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 113p.
- Schmidt, A. M. A. (1995). *Processo de apoio à tomada de decisão. Abordagens: AHP e MACBETH*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Florianópolis, SC, 193p.
- Schneider, D.D., Santos, R., Martinez, R.C., Coutinho, S.M.V. e Malheiros, T, F., Temóteo, T.G. (2010). “Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis.” In: *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* (17) .
- Shubo, T. (2003). *Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana*. Dissertação Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, 113p.
- Silva, L.M. (2006). *A gestão de recursos hídricos em Unai –MG: os usos múltiplos das águas e suas implicações sócio-ambientais*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Brasília, DF, 181p.
- Silva, R.T., Conejo, J.G.L., Miranda, E.C. e Alves, R.F.F. (1998). *Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água – DTA A2*. Programa de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Brasília, DF, 70p.
- SNIS (2013). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>, acesso em 09 de novembro de 2013.
- Snoeyink, V.L. et al. (2006). *Drinking Water Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks*. Washington, D.C. The National Academy of Sciences. 392p.
- Soares, S.R.A. (2002). *Planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos: Fundamentos para a Formulação de um Modelo Conceitual*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF, 148p.
- Soares, S.R. (2003). *Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental*. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis. 163p.
- Tillman, A.M.; Lundström H. e Svingby, M. (1998). “Life cycle assessment of municipal waste water systems”. In: *International Journal of LCA*, 3(3):145–157p.
- Tucci, C.E.M. (2006). *Gestão de águas pluviais urbanas*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Saneamento para todos. 4, Brasília, DF, 194p.

- Tsutiya, M.T. (2006). *Abastecimento de água*. 3ª Edição. Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica. 643p.
- Tsutiya, M.T. e David, A.C. (2005). *Eficiência energética em sistema de abastecimento de água da cidade de Ubatuba, Estado de São Paulo*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande. 7p.
- Veleva, V. e Ellenbecker, M. (2001). “Indicators of sustainable production: framework and methodology.” In: *Journal of Cleaner Production*, (9), 519-549p. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science>. Acesso em: 12 maio 2014.
- Vieira, J.M.P. e Baptista, J.M. (2008). *Indicadores de desempenho para melhoria dos serviços de saneamento básico*. Portugal, Engenharia Civil UM, 33p.
- Vieira, J.M.P. e Morais, C. (2005). *Planos de Segurança em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água para Consumo Humano*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR). Universidade do Minho. Série Guias Técnicos 7. 162p.

## REFERÊNCIAS EM APUD

- Filho, S.S.F. e Sobrinho, P.A. (1998). “Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 3:128-136.
- Gardner, H. (2006). *Five minds for the future*. Boston, MA: Harvard Business School Publishing.
- Giupponi, C. (2002). “From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process”. In: *Conference on European Policy and Tools for Sustainable Water Management*. Venice, Italy, 21-23 November.
- Gonçalves, E. (2002). Revisão de metodologias e indicadores de desempenho para controle de perdas em sistemas de distribuição de água. Anais do Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas em sistemas de abastecimento de água. Salvador, BA.
- Kaya, O.N. (2008). *A Student-centred Approach: Assessing the Changes in Prospective Science Teachers’ Conceptual Understanding by Concept Mapping in a General Chemistry Laboratory*. *Research in Science Education*, v. 38, p. 91-110.
- Maystre, L.Y., Pictet, J. e Simos, J. (1994). *Méthodes Multicritères ELECTRE*. Description, conseils pratiques et cas d’application à la gestion environnementale. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 323p.

- Medema, G.J. e Smeets, P. (2004). *The interaction between Quantitative Microbial Risk Assessment and risk management in the Water Safety Plan*. Microrisk project report. Kiwa Water Research, Nieuwegein, the Netherlands.
- Miranda, E.C. (2006). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Regulação: indicadores para prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda. ARCE. p. 75-90.
- Moreira, J.M. (1998). *Custos e preços como estratégia gerencial em uma empresa de saneamento*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Moreira, M.A. (1984). *O Mapa Conceitual como Instrumento de Avaliação da Aprendizagem*. Educação e Seleção, v. 10, p. 17-34. Disponível em: < <http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/es/artigos/69.pdf> >.
- Moreira, M.A. (1997). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>.
- Nathan, N. (2004). “Text Concept Mapping: The Contribution of Mapping Characteristics to Learning From Texts”. In: *International Conference on Concept Mapping, I*. 2004, Pamplona, Espanha. Disponível em: < <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-204.pdf> >.
- Posthumus, H. e Morris, J. (2006). *Reform and controlling water runoff from farmland in England and Wales*. COST 634 conference, 1-3 October 2006. Wageningen, the Netherlands. 16p.
- Ruiz-Primo, M.A. (2004). “Examining Concept Maps as an Assessment Tool”. In: *International Conference on Concept Mapping, I*. Pamplona, Espanha. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-036.pdf>>.
- Souza, M. A. A., Cordeiro Netto, O. M., Carneiro, G. A., Lopes Júnior, R. P. (2001). "Análise tecnológica de alternativas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: resultados da avaliação multiobjetivo." *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa, Brasil.
- Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. J. Wiley, Nova York. 154p.
- Williams, C.G. (1998). “Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function”. In: *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 29, n. 4, p. 414-421. ISSN 0021-8251. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/749858.pdf> >.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – FORMULÁRIO ONLINE DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### Avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água (SAAs)

Olá!

Sou mestranda no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH) da Universidade de Brasília (UnB).

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que objetiva propor uma metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água por meio da utilização de indicadores.

As informações aqui prestadas são sigilosas e somente serão utilizadas para a validação de indicadores pré-selecionados.

Você terá um prazo de 07 dias para finalizar este questionário e enviá-lo. Sua participação é muito valiosa!!!

Desde já, agradeço!

Marlian Leão - Mestranda UnB

**\*Obrigatório**

Nome: \*

**Tipo de envolvimento com sistemas de abastecimento de água (SAAs) \***

- Engenheiro projetista
- Técnico projetista Engenheiro
- Operador Técnico operador
- Pesquisador do assunto

- Professor de faculdade
- Engenheiro de implantação de SAA
- Técnico de implantação de SAA
- Outro:

Com o propósito de possibilitar um ágil e eficaz diagnóstico para a realização de um planejamento satisfatório do abastecimento público de água por meio de indicadores, é muito importante que esses sejam capazes de, em conjunto, avaliar os SAAs de forma, ao mesmo tempo, PRÁTICA e, suficientemente, ABRANGENTE, bem como permita sua APLICABILIDADE à grande parte desses sistemas. Com base nestas considerações responda as perguntas que seguem:

No quesito potabilidade, considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA? \*

Passa o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

- Concordo
- Concordo parcialmente
- Discordo
- Não estou certo (a) / prefiro não responder

#### Comentários:

Indique se incluiria ou excluiria algum(s) indicador(es) ou faça qualquer outro comentário que julgar necessário.

### Indicadores de potabilidade

1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%)
2	Análises de cloro residual fora do padrão (%)
3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%)
4	Análises de turbidez fora do padrão (%)
5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%)
6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%)
7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?
8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?
9	Há programa emergencial para controle dos riscos de recontaminação da água tratada?

No quesito "população atendida / quantidade fornecida", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA? \*

Passa o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

- Concordo  
 Concordo parcialmente  
 Discordo  
 Não estou certo (a) / prefiro não responder

#### Comentários:

Indique se incluiria ou excluiria algum(s) indicador(es) ou faça qualquer outro comentário que julgar necessário.

### Indicadores população atendida / quantidade fornecida

10	População total atendida (%)
11	População atendida pela tarifa social (%)
12	Percentual de domicílios não atendidos localizados em pontos possíveis de atendimento pela rede existente ou por simplificadas ampliações da mesma
13	Consumo per capita (l/hab/dia)
14	Volume de água disponibilizado por economia (m <sup>3</sup> /mês/econ)

**No quesito "eficiência energética", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA? \***

Passa o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

- Concordo
- Concordo parcialmente
- Discordo
- Não estou certo (a) / prefiro não responder

#### Comentários

Indique se incluiria ou excluiria algum(s) indicador(es) ou faça qualquer outro comentário que julgar necessário.

#### Indicadores eficiência energética

15	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> bombeado (kWh/m <sup>3</sup> bombeado)
16	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
17	Há bombeamento nas horas de pico?

Indique o grau de importância dos próximos indicadores com relação à avaliação da OPERAÇÃO de um sistema de abastecimento de água

#### 18. Controle de pressão na rede (%) \*

Extensão de rede com pressão estática entre 10 e 30 mca / extensão total de rede (km) x 100

**19. Água não medida (%) \***

(Água entrada no sistema - consumo medido) / água entrada no sistema no ano x 100

**20. Calibração de equipamentos do sistema (nº/ano) \***

Calibrações de equipamentos realizadas / número de equipamentos que demanda calibração instalados (permanente ou temporariamente) no sistema

**21. Horas extraordinárias (%) \***

Horas extraordinárias / horas normais de trabalho durante o período de referência x 100

**22. Economias por empregado (econ. / empregado) \***

Número de economias / número total de empregados de tempo integral

**23. Pessoal de gestão técnica relacionado à operação e manutenção (%) \***

Número total de empregados de tempo integral ligados à operação e manutenção / número total de empregados de tempo integral x100

**24. Pessoal com formação universitária (%) \***

Número de empregados com licenciatura ou bacharelado / número total de empregados x 100

Algum comentário sobre os indicadores 18 a 24?

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista? Quais?**

Antes de propor outros indicadores de "operação" verifique se o mesmo já não está listado entre os indicadores de "manutenção" listados na sequência (25-32).

Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar a **MANUTENÇÃO** de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro abaixo "Indicadores manutenção".

- 25- Inspeção de grupos eletrobomba (%)
- 26- Inspeção das adutoras e redes (%)
- 27- Recuperação e substituição de tubulações (%)
- 28- Restauração de ramais (%)
- 29- Índice infraestrutural de fugas (-)
- 30- Perdas na distribuição (%)
- 31- Idade média dos hidrômetros (ano)
- 32- Reparações por controle ativo de fugas (%)

Ainda sobre os indicadores de **MANUTENÇÃO** definidos no quadro acima, selecione os três indicadores que considera menos importantes no conjunto.\*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro abaixo "Indicadores manutenção".

- 25- Inspeção de grupos eletrobomba (%)
- 26- Inspeção das adutoras e redes (%)
- 27- Recuperação e substituição de tubulações (%)
- 28- Restauração de ramais (%)
- 29- Índice infraestrutural de fugas (-)
- 30- Perdas na distribuição (%)
- 31- Idade média dos hidrômetros (ano)
- 32- Reparações por controle ativo de fugas (%)

25	Potência nominal total dos grupos eletrobomba e respectivos acessórios que foram alvo de inspeção / Potência nominal total dos sistemas de bombeamento
26	Comprimento das adutoras e redes onde pelo menos válvulas ou outros acessórios foram inspecionados / comprimento das adutoras e rede x 100
27	comprimento de tubulação de adução e distribuição restaurada e substituída/ comprimento total da tubulação (adutora e rede) x 100
28	Número de ramais substituídos ou restaurados / número total de ramais x 100
29	Perdas reais (em l/ramal/dia) / perdas reais mínimas (valor mínimo tecnicamente atingível)
30	(Volume produzido + importado - de serviço - consumido) / (Volume produzido + importado - de serviço) x 100
31	Valor extraído do conhecimento do operador pela lida diária no sistema
32	Reparações por controle ativo de fugas / Reparções por controle ativo e reativo de fugas x 100

Algum comentário sobre os indicadores 25 a 32?

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista? Quais?**

Antes de propor outros indicadores de "manutenção" verifique se o mesmo já não está listado entre os indicadores de "operação" apresentados anteriormente (18-24).

No quesito "qualidade do serviço / satisfação da população", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA? \*

Passa o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

- Concordo
- Concordo parcialmente
- Discordo
- Não estou certo (a) / prefiro não responder

### Comentários:

Indique se incluiria ou excluiria algum(s) indicador(es) ou faça qualquer outro comentário que julgar necessário.

### Indicadores qualidade do serviço / satisfação da população

33	Regularidade de abastecimento (%)
34	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida
35	Reclamações de serviço por ramal (nº reclamações/1000 ramais/ano)
36	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)

### Indicadores disponibilidade hídrica/capacidade instalada

As duas próximas questões serão sobre os indicadores apresentados no quadro abaixo. Passe o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

37	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)
38	Disponibilidade hídrica (%)
39	Saturação do Sistema Produtor (dias)
40	A captação é a fio d'água ou há reservação?
41	Existência de alternativas para a captação
42	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial
43	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?
44	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).
45	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária

Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar a

#### DISPONIBILIDADE HÍDRICA/ CAPACIDADE INSTALADA de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores disponibilidade hídrica / capacidade instalada".

- 37- Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)
- 38- Disponibilidade hídrica (%)
- 39- Saturação do sistema produtor (dias)
- 40- A captação é a fio d'água ou há reservação?
- 41- Existência de alternativas para a captação
- 42- Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial
- 43- Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?
- 44- Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).
- 45- Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária

Marque três indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar a

#### DISPONIBILIDADE HÍDRICA/ CAPACIDADE INSTALADA de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores disponibilidade hídrica / capacidade instalada".

- 37- Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)
- 38- Disponibilidade hídrica (%)
- 39- Saturação do sistema produtor (dias)
- 40- A captação é a fio d'água ou há reservação?
- 41- Existência de alternativas para a captação
- 42- Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial
- 43- Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?
- 44- Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).
- 45- Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária

Algum comentário sobre os indicadores 37 ao 45?

Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito **DISPONIBILIDADE HÍDRICA / CAPACIDADE INSTALADA?** Quais?

### Indicadores planejamento / potencial de antecipação

As duas próximas questões serão sobre os indicadores apresentados no quadro abaixo. Passe o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

46	Pessoal de gestão técnica relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)
47	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água [nº/ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)]
48	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder o situações adversas?
49	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?
50	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?
51	Há monitoramento contínuo da qualidade da água bruta para ajustes da quantidade de químicos necessários?
52	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?
53	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?
54	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?
55	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?

Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar o **PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO** de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores planejamento / potencial de antecipação".

- 46- Pessoal de gestão técnica relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)
- 47- Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água [nº/ (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano)]
- 48- Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?
- 49- Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?
- 50- Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?
- 51- Há monitoramento contínuo da qualidade da água bruta para ajustes da quantidade de químicos necessários?
- 52- Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?
- 53- Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?
- 54- Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?
- 55- Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?

Agora marque três indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar o PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores planejamento / potencial de antecipação".

- 46- Pessoal de gestão técnica relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)
- 47- Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água [nº/ (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano)]
- 48- Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder o situações adversas?
- 49- Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?
- 50- Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?
- 51- Há monitoramento contínuo da qualidade da água bruta para ajustes da quantidade de químicos necessários?
- 52- Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?
- 53- Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?

- 54- Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?
- 55- Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?

Algun comentário sobre os indicadores 46 ao 55?

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO? Quais?**

**Indicadores Respeito às questões ambientais**

As duas próximas questões serão sobre os indicadores apresentados no quadro abaixo. Passe o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

56	Licença ambiental
57	Outorga para o uso da água
58	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?
59	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?
60	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia
61	Presença e situação de estradas à montante da captação (retenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)
62	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?
63	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento à montante da captação?
64	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto próximos à captação
65	Há fiscalização contra o lançamento de esgoto no manancial?
66	Atendimento total de esgoto (%)
67	O lodo é disposto adequadamente?

Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar o

**RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS de um SAA: \***

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores respeito às questões ambientais".

- 56- Licença ambiental
- 57- Outorga para o uso da água
- 58- A bacia de drenagem está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?
- 59- Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?
- 60- Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia
- 61- Presença e situação de estradas à montante da captação (retenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)
- 62- Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?
- 63- Bacia de drenagem adequada e sem ponto de lançamento à montante da captação?
- 64- Presença de interceptores e elevatórias de esgoto próximos à captação
- 65- Há fiscalização contra o lançamento de esgoto no manancial?
- 66- Atendimento total de esgoto (%)
- 67- O lodo é disposto adequadamente?

Agora marque QUATRO indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar o RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS de um SAA: \*

Se precisar, consulte a definição dos indicadores listados no quadro acima "Indicadores respeito às questões ambientais".

- 56- Licença ambiental
- 57- Outorga para o uso da água
- 58- A bacia de drenagem está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?
- 59- Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?
- 60- Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia
- 61- Presença e situação de estradas à montante da captação (retenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)
- 62- Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?
- 63- Bacia de drenagem adequada e sem ponto de lançamento à montante da captação?
- 64- Presença de interceptores e elevatórias de esgoto próximos à captação
- 65- Há fiscalização contra o lançamento de esgoto no manancial?
- 66- Atendimento total de esgoto (%)
- 67- O lodo é disposto adequadamente?

Algum comentário sobre os indicadores 56 a 67 ou sobre esta questão?

Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS? Quais?

No quesito capacidade de cobertura dos custos e investimento, considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA? \*

Passa o mouse sobre o quadro para obter detalhes.

- Concordo
- Concordo parcialmente
- Discordo
- Não estou certo (a) / prefiro não responder

#### Comentários:

Indique se incluiria ou excluiria algum(s) indicador(es) ou faça qualquer outro comentário que julgar necessário.

### Capacidade de cobertura dos custos / investimento

68	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
69	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
70	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)
71	Percentual das despesas de exploração por economia sobre as receitas pelo consumo faturado por economia (%)
72	Razão de solvência (-)
73	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)
74	Investimento unitário em infraestrutura (R\$/m <sup>3</sup> )
75	Percentual reinvestimento em infraestrutura (%)
76	Investimentos onerosos sobre investimentos totais (%/ano)
77	Investimentos não onerosos (públicos) sobre próprios (%/ano)
78	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?

Você teria algum comentário geral ou que não foi abordado no questionário?

Alguma sugestão para a melhoria do questionário?

**OBRIGADA!!!**

*Nunca envie senhas pelo Formulários Google.*

Powered by

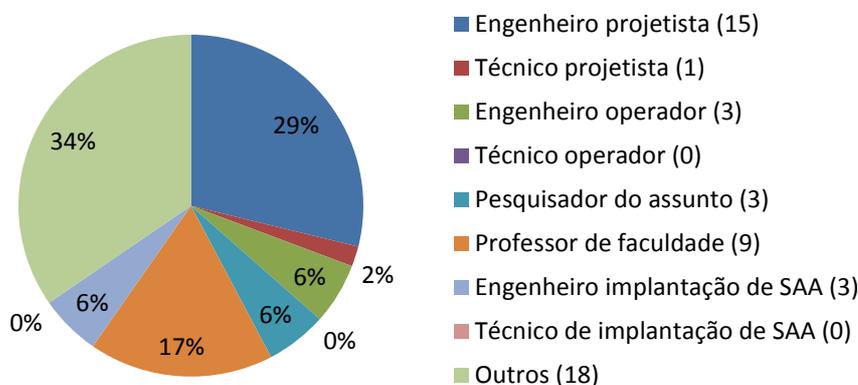
Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

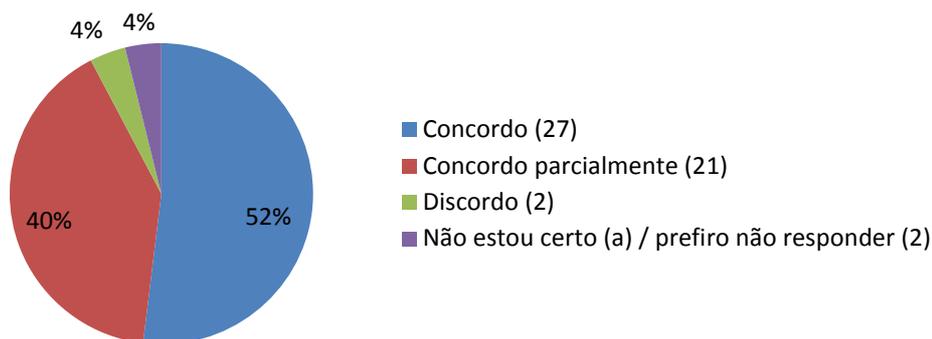
## APÊNDICE B – RESUMO DAS RESPOSTAS AO FORMULÁRIO ONLINE

### 52 respostas

#### Tipo de envolvimento com sistemas de abastecimento de água (SAA)



#### No quesito potabilidade, considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA?



#### Comentários:

Se tomarmos como significado de "potável" o que se pode beber, a adição de cloro não pode ser considerada indicador de potabilidade. A intermitência do funcionamento da rede, por outro lado, poderia ser um indicador.

Incluiria o padrão Escherichia coli.

A potabilidade esta diretamente relacionada a portaria então todos os pré-requisitos devem ser seguidos. Por exemplo, Cor não ta no quadro, mas eu n beberia uma agua com cor maior q 20 e ha mta reclamação qto a esse critério. ...

Acho que necessita de controle do Escherichia coli além dos coliformes fecais. A Cor também deve ser analisada, é um elemento importante a ser considerado. Os itens 2-4-6-7-8-9 Não me parecem indicadores de potabilidade.

incluiria, conforme o caso, a área de abrangência do serviço e a quantidade de população atingida, outros indicadores como de metais pesados

Qualidade da Água Fornecida - IWA QS18

Indicadores, ora afirmativo ora interrogativo... isso dificulta a análise estatística.

Não, por que não incorpora os coliformes termotolerantes e também por que se restringe aos parâmetros físicos e bacteriológicos. Diante dos avanços das contaminações por compostos químicos, em espacial os constituintes dos agroquímicos, seria necessário incorporar pelo menos dois compostos químicos. Também, retiraria a avaliação do flúor, já que se tem parâmetros muito mais importantes que este. Caberia também refletir sobre o parâmetro cloro residual, não só pelo próprio debate sobre a cloração da água, como também pelo fato de

que com o monitorando da intermitência do fornecimento de água e dos coliformes a questão da contaminação bacteriológica estaria considerada.

Como as perguntas se transformariam em indicadores? Respostas SIM/NÃO? Frequência? Estatísticas? Índice de conformidade com o padrão? Não.

Outros indicadores utilizados ou que poderiam ser utilizados são controle do pH, da condutividade elétrica, cor, controle de micropoluentes como metais pesados, compostos orgânicos como os defensivos agrícolas e outros compostos organossintéticos.

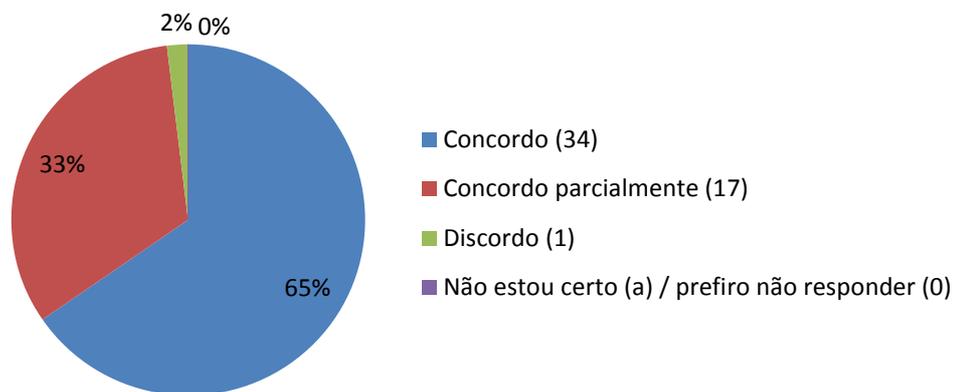
Os indicadores selecionados não são suficientes para o atendimento ao quesito potabilidade, pois conforme a Portaria MS n.º 2.914/2011 uma água só pode ser considerada potável quando atender ao padrão de potabilidade e não ofereça risco à saúde.

Há necessidade do conhecimento prévio da qualidade do manancial para avaliação dos testes a serem realizados.

Concordo desde que sejam em pontos da rede de distribuição para verificar se houve alguma contaminação no trecho entre a ETA e os consumidores. Os demais indicadores de potabilidade devem ser verificados na ETA.

Livro sugerido: "Abastecimento de água para consumo humano" de Léo Heller e Valter Lúcio de Pádua - disponibilizado em pdf na internet

**No quesito "população atendida / quantidade fornecida", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA?**



### Comentários:

Tiraria 11, que envolve aspectos econômicos sociais. Incluiria h de fornecimento diário e mensal, para considerar eventuais rodízios e racionamentos.

Devem ser incluídas as perdas.

Incluiria "Percentual de ligações não medidas (Sem hidrômetro)".

Poderia ter um requisito tipo: pesquisa de satisfação q indique o número de pessoas ou consumidores insatisfeitos com esse requisito, dentro do sistema de pesquisa de satisfação externa...

Incluir: Quantidade de ligações inativas/suprimidas Quantidade de domicílios com abastecimento alternativo

Seria necessário incluir um indicador que detectasse eventuais falhas de abastecimento. Como por exemplo, número de horas ou dias sem fornecimento de água em determinado setor de abastecimento ou a determinado número de ligações.

Faltam os indicadores de perdas.

Os indicadores 13 e 14 são redundantes, bastaria avaliar o per capita de água. Importa agora medir as desigualdades, principalmente nas áreas urbanas. Assim, em vez do indicador 12, uma alternativa seria medir a população atendida nas áreas periféricas e nas localidades das áreas rurais. Também outra questão refere-se à intermitência do fornecimento de água que não só interfere na qualidade da água como também no consumo per capita.

Falta-me conhecimento específico para incluir ou excluir itens. Incluiria volume faturado

Há dois ou mais indicadores que podem refletir a mesma coisa, basta uma análise estatística apropriada.

Penso que a inclusão de um indicador de perda seria útil. É comum se considerar a "entrada

no sistema" como sendo o volume disponibilizado de água tratada. É preciso considerar o volume captado também.

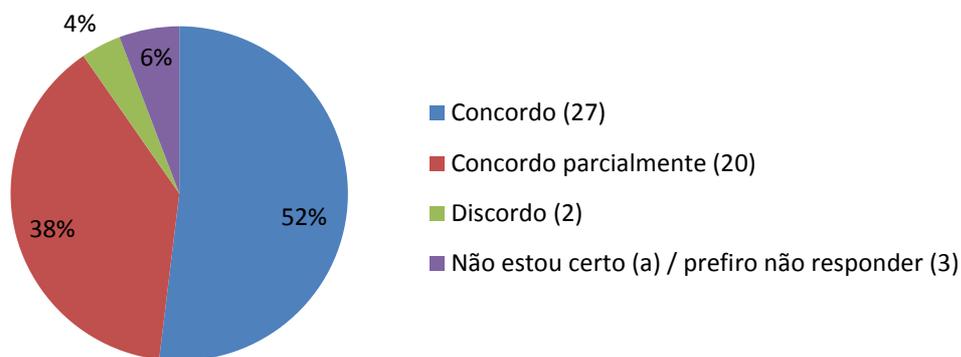
Acredito que o índice de perdas é um indicador importante por 3 motivos: 1 - as perdas reduzem a a pressão na rede, o que geralmente implica em interrupções constantes do fornecimento; 2 - as perdas físicas do SAA implicam diretamente em perdas financeiras, ou seja, desperdício de dinheiro público; 3 - indiretamente, as perdas antecipam as necessidades de ampliações do SAA, o que pode reduzir a "vida útil" da vazão disponível nos mananciais.

A análise da relação do volume consumido pela população com o volume total de água tratado, também pode ser relevante nessa avaliação. Há necessidade de avaliar o índice de perdas na rede (IPR).

Considero que deveria fazer um esforço (como no Plansab) para indicar o atendimento adequado, considerando o atendimento regular por rede de distribuição, poço, fonte, com ligação domiciliar e cisterna com funcionamento adequado, diferente de atendimento precário ou sem atendimento, que caracterizariam déficit do serviço.

Diferenciação entre população urbana/rural? O que caracteriza um ponto possível de atendimento?

### **No quesito "eficiência energética", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA?**



### **Comentários**

Sugestão: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-036.pdf>

17 não é indicador. Melhor seria um indicador que considere a potência instalada.

Seria interessante alguma coisa que relacione consumo com pressão de serviço. Vc pode gastar muita pouca energia e ter um SSA que é horroroso, pois a pressão é baixa demais. Qual seria a medida do indicador 17?

Incluir: Eficiência dos equipamentos eletromecânicos; consumo de energia normalizado (kWh / m<sup>3</sup> / 100 m.c.a) Incluir consumo de energia elétrica por habitante.

TALVEZ avaliar a eficiência dos conjuntos motor-bomba (fornecida pelo próprio fabricante) seja importante para indicar se os equipamentos instalados são os mais indicados para o trabalho realizado, o que implica diretamente no consumo de energia.

Porcentagem de perdas no sistema, custo de energia por metro cubico perdido.

Precisamos de um indicador de energia por m<sup>3</sup> consumido.

Incluiria o seguinte indicador: "As estações elevatórias são equipadas com inversor de frequência nos conjuntos motor-bomba?" ou "Percentual de conjuntos motor-bomba equipados com inversor de frequência".

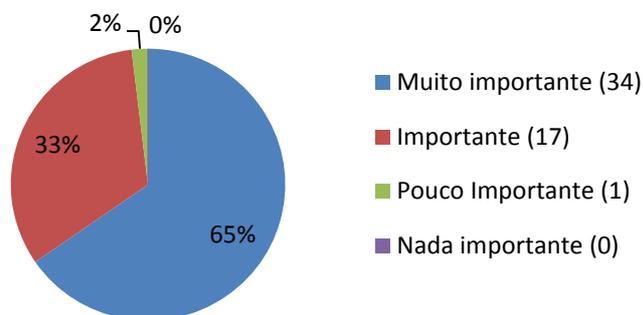
No caso da empresa que trabalho, não é levado em consideração a eficiência energética. Aplicam-se aqui as duas considerações acima.

Incluiria indicadores para verificar se os equipamentos, como as bombas, trabalham no ponto ótimo de operação; tempo de funcionamento diário dos equipamentos e horários de utilização dos mesmos.

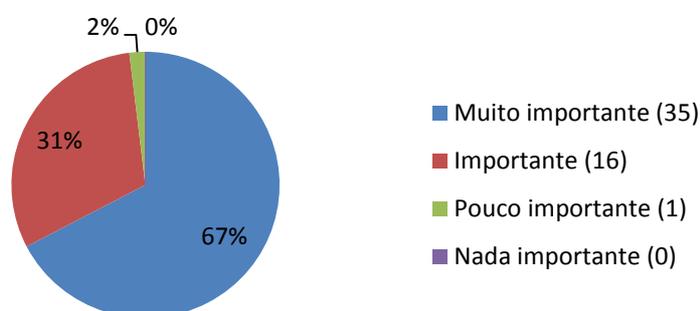
Relação vazão de consumo / armazenamento

**Indique o grau de importância dos próximos indicadores com relação à avaliação da OPERAÇÃO de um sistema de abastecimento de água**

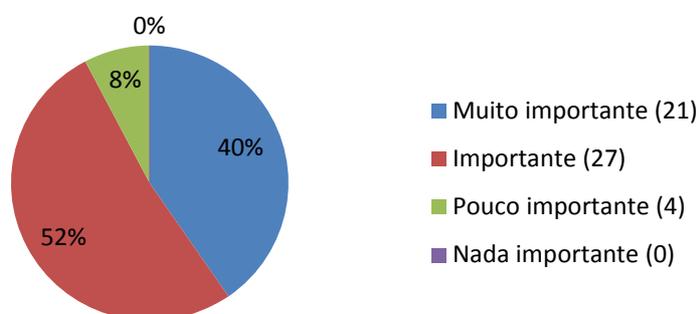
**18- Controle de pressão na rede (%)**



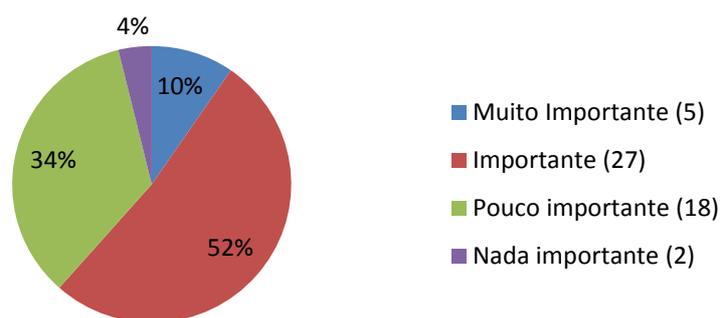
**19- Água não medida (%)**



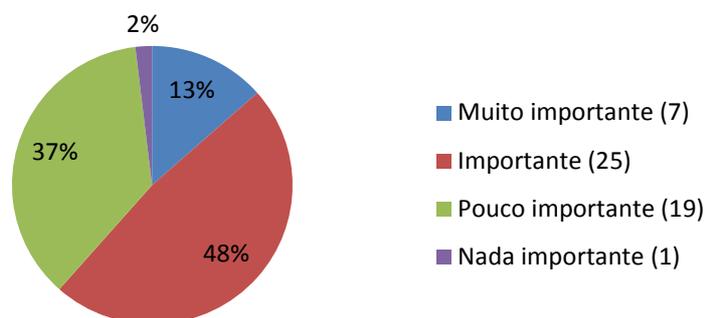
**20- Calibração de equipamentos do sistema (nº/ano)**



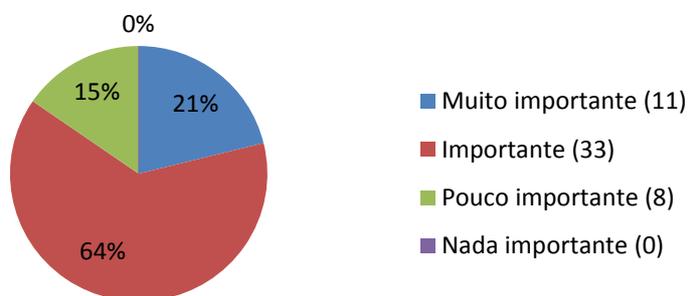
### 21- Horas extraordinárias (%)



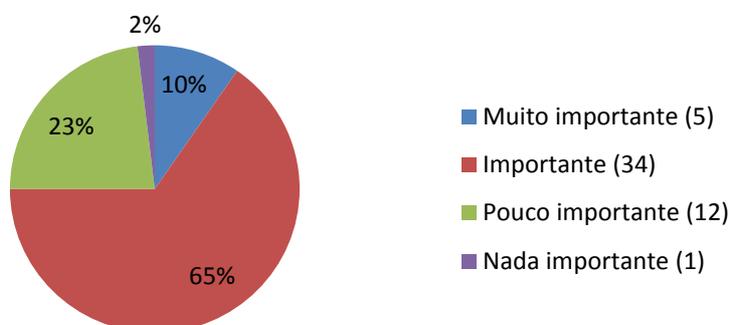
### 22- Economias por empregado (econ. / empregado)



### 23- Pessoal de gestão técnica relacionado à operação e manutenção (%)



### 24- Pessoal com formação universitária (%)



### **Algum comentário sobre os indicadores 18 a 24?**

Através desses indicadores, entendo que é possível estimar uma estrutura operacional para qualquer SAA.

É claro que a questão de qualificação e empenho do pessoal é fundamental para a boa operação. Porém acredito que os indicadores que melhor retratarão a situação da operação do sistema são os indicadores técnico-operacionais. Fazendo uma analogia com um paciente acometido por algum mal, os indicadores vitais seriam temperatura, pressão, resultados de exames laboratoriais, etc. A partir daí poder-se-ia aprofundar o diagnóstico sobre se o paciente está sendo bem ou mal cuidado, etc.

Os indicadores estão de alguma forma relacionados à perda de água no sistema.

Nada a acrescentar.

Incluiria os indicadores: 18- mais interessante ver a pressão dinâmica 20 - É um indicador que pode dar resultados controversos. Se vc instala equipamento ruim, vai necessitar fazer um monte de calibrações e o indicador vai mostrar que vc está ótimo! 21-22 Tem a ver mais com eficiência do sistema do que operação 24 - não é importante o número de pessoas preparadas que conta, mas o cargo que eles ocupam.

Não. Não

No item 24, seria mais relevante avaliar o percentual de empregados com formação universitária relacionada à sua área de atuação. No item 22, vejo que a configuração do SAA também influenciará a relação econ./empregado.

Não

### **Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista? Quais?**

Incluiria os indicadores a seguir: acompanhamento do índice de perdas na rede; acompanhamento do índice de falhas do sistema, por falta de água ou defeitos no sistema; Medição de água na entrada da ETA, na saída da ETA e nos consumidores; tempo para resposta (e conserto) a aviso de vazamento de água; número de reclamações de consumidores relativas à falta de abastecimento ou à qualidade da água, controle de extravasamento de reservatórios, etc.

Retiraria horas extras, pois muitas vezes são utilizadas na negociação com o funcionário (forjadas) para compensar o baixo salário.

Incluir: Automação do Sistema de tratamento de água e adução Quantidade de Setores fechados comercial e operacionalmente macro medidos

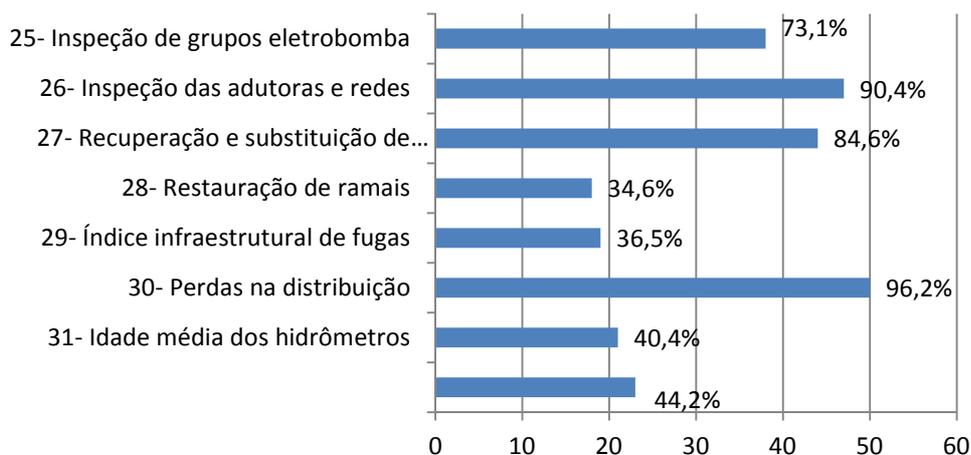
Consumo de produtos químicos versus o volume de água tratado. Perdas no sistema

Escolher 5 entre 8 indicadores não dar significância entre os escolhidos... isto representa mais de 60% Inserir indicador para controle da pressão dinâmica.

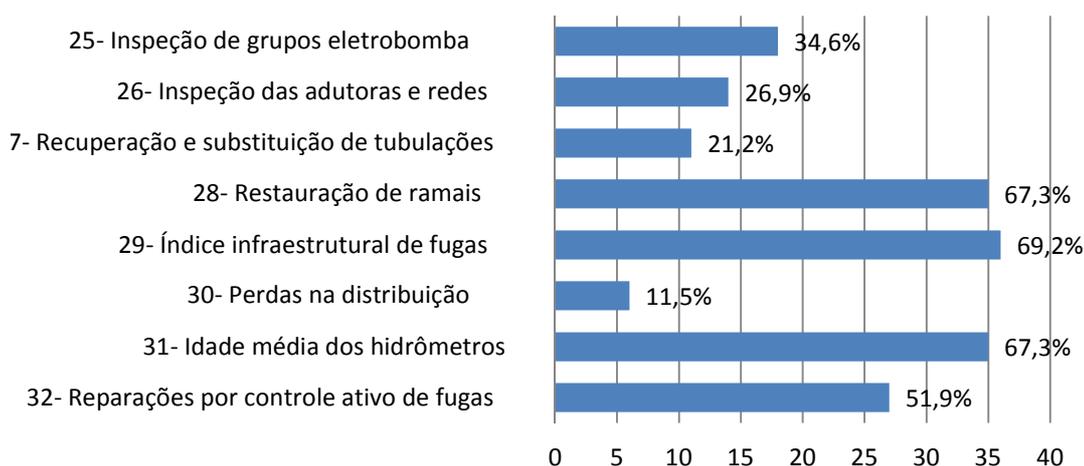
Não.

Sim. Extensão de rede por empregado. Não Intermitência no fornecimento de água. Águas não faturadas.

**Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar a MANUTENÇÃO de um SAA:**



**Ainda sobre os indicadores de MANUTENÇÃO definidos no quadro acima, selecione os três indicadores que considera menos importantes no conjunto.**



**Algum comentário sobre os indicadores 25 a 32?**

A questão acima solicita os 3 itens menos importantes, mas ao enviar as respostas, o site exige que sejam marcados 5 indicadores. Assim, marquei os itens 26 e 28 mesmo acreditando que eles são muito importantes.

Não conheço quão eficientes são os indicadores 29 e 32, por isso não os considerei. No meu entendimento, a eficiência do funcionamento de um sistema pode ser avaliada por sintomas, cujos indicadores assinalei. É claro que os demais indicadores são muitíssimos importantes, mas, a meu ver, jazem num segundo plano.

O grau de significância é baixo dada a relação número de escolhidos/numero total. Sem observações.

Restauração de ramais parece repetição de 27.

Considero os 3 menos relevantes 29, 31 e 32 o sistema não envia se não marcar 5 indicadores

Não. Não

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista? Quais?**

Não.

Retiraria os de números 32, por exemplo. Caso houvesse tempo disponível caberia acrescentar, sim

Relacionaria a proporção de danos ao sistema por falha de operação, devido as

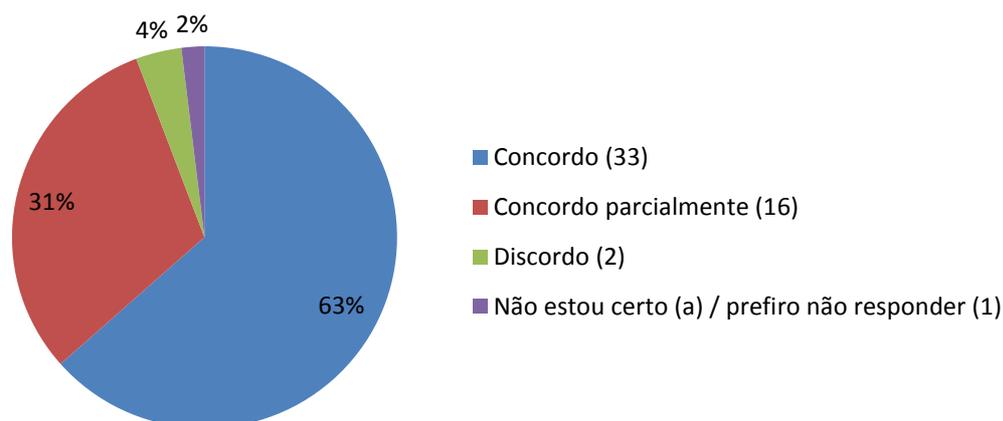
características dos materiais, desastres naturais, entre outros, como forma de buscar soluções específicas para cada problema.

Não. Não

Sem conhecimento para tal.

Cadastro de locais da rede em que ocorrem os vazamentos para verificação de sua recorrência. Indicação das peças trocadas em cada vazamento consertado para verificação se, devido à maior ocorrência, pode-se detectar melhorias no material ou no processo de aquisição ou fabricação, por exemplo.

**No quesito "qualidade do serviço / satisfação da população", considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA?**



### Comentários:

Incluiria as reportagens da mídia (tv, radio, jornais) pq considero essas repercussão mto negativa a imagem da empresa prestadora do serviço e a qualidade do serviço e tb questionada. Essas empresas tem assessoria de imprensa q deve alimentar esse indicador.

Pode incluir o tempo de atendimento às solicitações. Essa é uma das principais demandas apontadas pela pesquisa de satisfação dos usuários. Atendimento dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação versus satisfação da população com relação as características organolépticas. Qualidade da água e quantidade de distribuída Acrescentaria tempo de atendimento das reclamações, qual o prazo? Quantos foram atendidas obedecendo ao prazo?

As companhias têm que ser mais transparentes. Esses indicadores (assim como os outros) devem ficar facilmente acessíveis aos usuários (sem a necessidade de pedido formal), extravasamentos, qualidade da água.

Não concordo muito com o item 34 para no quesito "qualidade do serviço / satisfação da população". Excluiria 34. Isso não interessa ao consumidor, tem mais a ver com eficiência do sistema.

Reclamação por ramal, quem tem o cadastro deste indicador? As reclamações na Bahia, por exemplo, são cadastradas pela AGERSA. Eles identificam o local e o problema, somente (verificar informação).

Talvez um item sobre a qualidade da água fornecida.

Não basta apenas essa relação para medir o grau de satisfação retiraria o 34.

Incluir tempo de atendimento por solicitação. Faltam serviços atendidos no prazo.

Incluiria o tempo entre o chamado e o atendimento.

**Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar a DISPONIBILIDADE HÍDRICA/ CAPACIDADE INSTALADA de um SAA:**



**Marque três indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar a DISPONIBILIDADE HÍDRICA/ CAPACIDADE INSTALADA de um SAA:**



**Algum comentário sobre os indicadores 37 ao 45?**

Pede para indicar 3 menos relevantes (40, 43, 45) mas, formulário só aceitou ser enviado marcando 5 itens entre 37 e 45

Não sei o que quer dizer "disponibilidade de recursos hídricos próprios (?)". E não entendo as unidades dos indicadores 38 e 39 e o que elas querem dizer. Ha indicadores que refletem o mesmo parâmetro.

Difícil considerar os menos importantes.

Sem observações.

Não entendi bem o 37. Acho que poderia ser incluído um indicador que relacione o volume captado e o nível de stress hídrico da bacia onde é captada. Não.

Novamente o questionário exige que sejam marcados 5 indicadores, enquanto o enunciado solicita que apenas 3 sejam marcados. Marquei os itens 39 e 42 mesmo acreditando que eles são importantes.

Acho que este quesito deve ser melhor formulado. Não entendi a definição de 37. Tb não está claro o 38. 40-45 não me parecem indicadores, apenas características do sistema. Não.

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito DISPONIBILIDADE HÍDRICA / CAPACIDADE INSTALADA? Quais?**

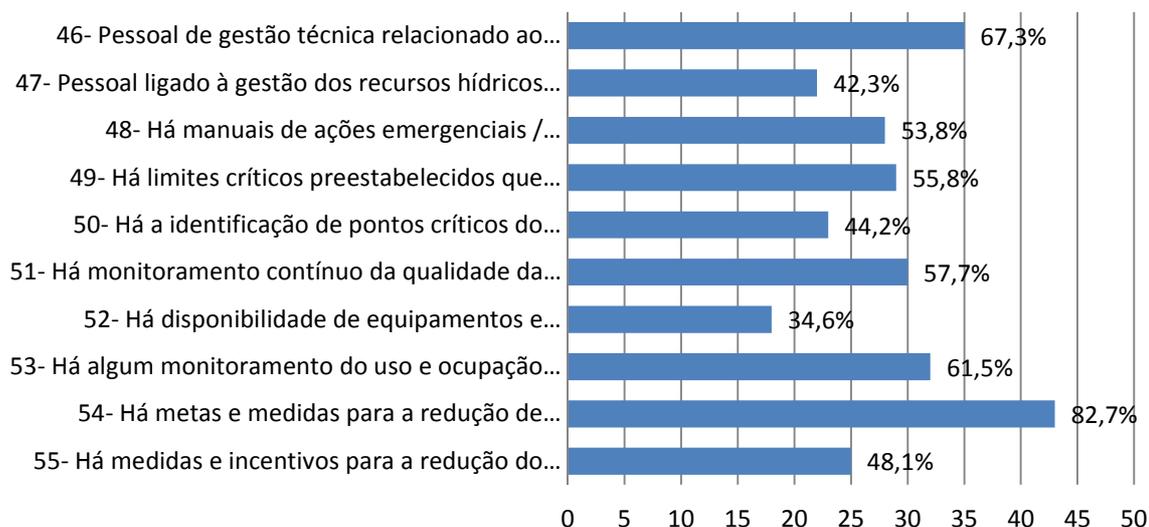
Buscaria relacionar se a fonte de captação será superficial ou subterrânea; proximidade da captação dos núcleos urbanos e sua viabilidade financeira quando comparada a sistemas alternativos.

Não.

Sim. Projeção anual da capacidade de atendimento (X anos). Informação anual, medida para compatibilizar a capacidade da estrutura projetada/construída para produção, com o crescimento da população. Planejamento de ampliações. Não. Sem conhecimento para tal.

Sim, retiraria e acrescentaria também.

**Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar o PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO de um SAA:**



**Agora marque três indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar o PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO de um SAA:**



### **Algum comentário sobre os indicadores 46 ao 55?**

Apesar de marcados como menos importantes os itens 48, 49 e 51 possuem importância relevante para o planejamento / potencial de antecipação de um SAA.

Sem comentários.

De maneira geral os indicadores propostos (todos) são importantes, em diferentes graus. É claro que é necessário escolher poucos para que o monitoramento e a análise sejam mais objetivos. Os considerados mais representativos, no meu ponto de vista e experiência, foram os assinalados.

Não. Todos são importantes.

Não.

48-55 precisam ser quantificados para serem indicadores de verdade.

### **Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO? Quais?**

Não.

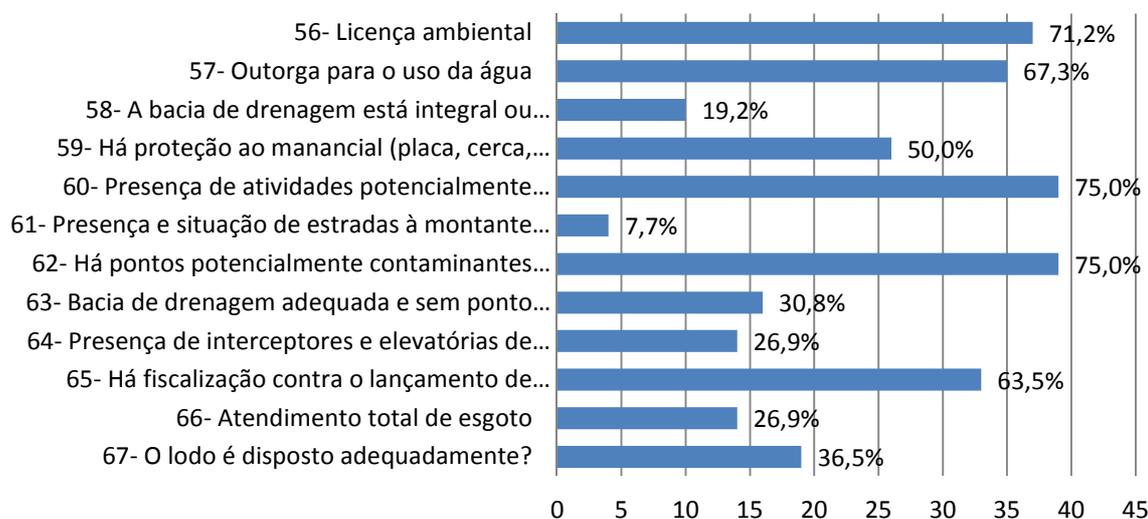
Não.

Incluiria um indicador buscando relacionar a velocidade de ações emergenciais, com base na existência ou não de automação no SAA.

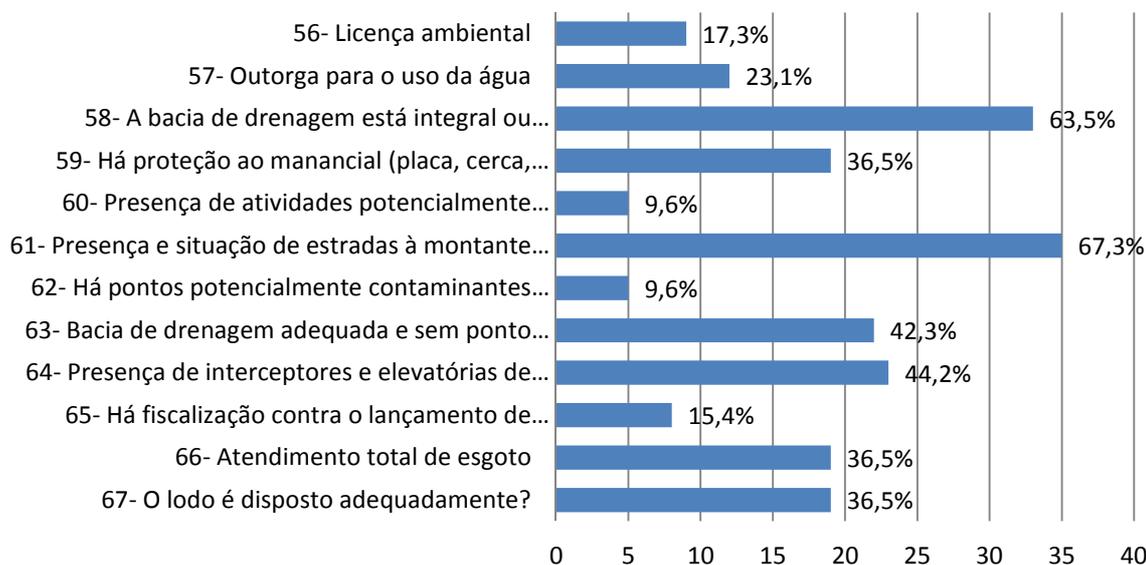
Sim, incluiria, acrescentaria ou reformularia.

Incluiria o seguinte: quantidade de água produzida (distribuída) atual/ capacidade nominal de produção (distribuição de água). Esse número deve indicar quão comprometido está o sistema para que sejam tomadas ações de planejamento de ampliação do sistema, por ex.

### **Marque cinco indicadores que você considera os mais importantes dentro do conjunto para diagnosticar o RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS de um SAA:**



**Agora marque QUATRO indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar o RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS de um SAA:**



**Algum comentário sobre os indicadores 56 a 67 ou sobre esta questão?**

56 e 57 são requisitos legais 60 61 64 não têm nada a ver com o respeito do meio ambiente e a implantação do SSA, que não respeita são terceiros.

Sem comentários.

Marquei como menos importantes os itens 56, 57 e 58, pois são documentos que às vezes não condizem com a realidade; e item 59 porque, infelizmente, placa e cercas não impedem ações poluidoras e a vigilância quando não é inexistente é falha.

Licença ambiental e outorga não cabe como indicador já que é obrigatório, e sendo obrigatório o índice é 100% Não.

Não.

Para obtenção da Licença Ambiental de Operação (uso do manancial), inclui-se o processo de obtenção da Outorga de direito de captação. Sim. Caso a concessão da Licença ambiental não tenha como pré-requisito a outorga, esse passa a ser um indicador importante.

**Você incluiria ou retiraria algum indicador da lista no quesito RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS? Quais?**

Há uso de georeferenciamento pra controle da poluição na área?

Sim. Avaliação periódica da qualidade da água do manancial próximo ao ponto de captação da água.

Ações educativas dos SAAs no sentido de reduzir o consumo de água; preservação das matas ciliares da captação e regiões de recarga de aquíferos.

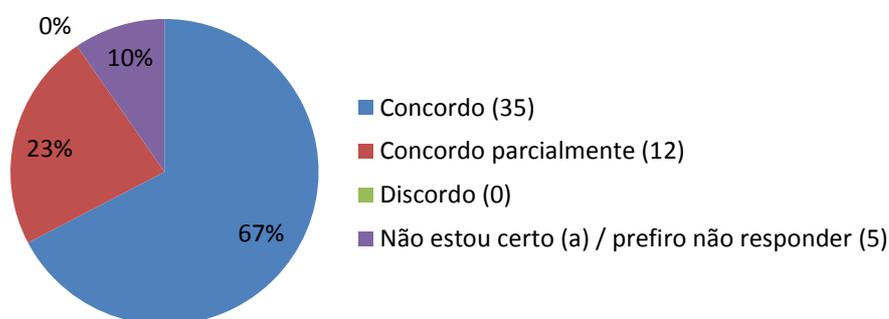
Não.

Sim, retiraria, acrescentaria e ate reformularia a sentença.

Não.

Em relação à questão n. 60 - Pode ter atividade com potencial poluidor, mas se tem tratamento adequado, a ação de mitigação vai proteger.

**No quesito capacidade de cobertura dos custos e investimento, considera os indicadores apresentados no quadro abaixo suficientes para a aferição do desempenho de um SAA?**



**Comentários:**

Período de amortização do investimento para implantação dos SAAs.

Incluir percentual de retorno do investimento. Total de arrecadação X Total de custos (Despesas operacionais + Investimentos) por ano. Entendo que este indicador irá medir a viabilidade do atual sistema e ajudará na tomada de decisão para os próximos investimentos. Valor do m3 de água % de investimentos em capacitação de pessoal em relação ao total % dos investimentos estruturantes em relação ao total (estruturais e estruturantes) % de investimentos em áreas periféricas e localidades rurais em relação ao total Existência de plano de investimentos

Sendo o abastecimento de água uma atividade vital, a capacidade de atendimento não pode ser vinculada apenas à capacidade da companhia. Penso que o atendimento às necessidades básicas (20 a 30 l por hab por dia) deveria ser garantida pelo estado como um dos direitos humanos. O consumo adicional, sim, deveria ser suficiente para financiar as ampliações. Não.

Não entendo da parte comercial...

Cobertura a famílias carentes, contrapartida do poder público.

**Capacidade de cobertura dos custos / investimento**

Você teria algum comentário geral ou que não foi abordado no questionário?

Talvez fosse interessante elaborar considerar alguns indicadores aplicáveis a sistemas maiores (com automação e sustentáveis do ponto de vista financeiro) e sistemas menores, uma vez que a maior parte das questões será avaliada de forma diferente.

Conforme já declinado acima, ha indicadores que refletem o mesmo parâmetro.

78 não acho ser indicador.

Não.

Não.

Faltaram indicadores relacionados ao planejamento, à regulação dos serviços, à fiscalização e à participação e controle social, o que inclui também a existência de plano de saneamento que incorpore a componente abastecimento de água; o sistema de informação; canais de participação social; existência de contrato válido com o titular dos serviços; existência de relatórios de prestação de contas aos titulares dos serviços; existência de planos de investimentos de curto, médio e longo prazo do prestador de serviço, práticas de ações Inter setoriais e também a adoção de tecnologias apropriadas e integrais que considere as quatro componentes do saneamento básico. Também faltaram indicadores que mede o efeito das ações, no caso a melhoria das condições do ambiente e da saúde, neste último caso cabe inserir indicadores de enfermidades relacionadas à água.

Parabéns pela pesquisa, de alta relevância.

A avaliação de desempenho das companhias de saneamento deve levar mais em conta as limitações dos recursos naturais. Metodologias com análise de ciclo de vida e pegada hídrica deveriam ser usadas. Poderia, no planejamento da implantação de SAA, ocorrer à interação das experiências das equipes de operação e manutenção dos sistemas e as de planejamento, para melhor definição dos parâmetros técnicos a serem adotados na

ampliação/melhoria dos sistemas.

### **Alguma sugestão para a melhoria do questionário?**

Sugiro verificar quadros de explicação de alguns indicadores, pois mesmo alguns que não tenham fórmula podem demandar uma explicação adicional.

Sugiro reformular alguns indicadores dando-lhes mais objetividade.

Nas questões que relacionam os itens mais e menos importantes, talvez fosse importante questionar apenas os mais importantes, uma vez que os restantes poderiam ser considerados menos importantes. Inserção das tabelas com as opções antes dos quadros com as opções para respostas.

Colocar as perguntas na ordem: pergunta/quadro/alternativas de resposta/comentários. Parabéns pelo trabalho!!!

As seguintes questões pedem para marcar 3 e ao encerrar aparece mensagem solicitando que sejam marcados 5: "Ainda sobre os indicadores de MANUTENÇÃO definidos no quadro acima, selecione os três indicadores que considera menos importantes no conjunto." "Marque três indicadores que você considera os menos importantes dentro do conjunto para diagnosticar a DISPONIBILIDADE HÍDRICA/ CAPACIDADE INSTALADA de um SAA: "

O questionário considera o abastecimento de água apenas como uma medida de infraestrutura física, o que é uma limitação de ordem conceitual que deve ser superada. Na perspectiva de que a água é um direito e considerando os princípios fundamentais da Lei Nacional do Saneamento Básico, a água passa ser um elemento fundamental à vida e dessa forma deve ser avaliado. Isso faz com que os indicadores estejam inseridos em um marco conceitual mais amplo, como um serviço a ser prestado em quantidade e qualidade a todos os brasileiros, respeitando as especificidades de renda, cultura, etc. Sugiro consultar o texto O SANEAMENTO NA ÓTICA DA PREVENÇÃO DE DOENÇAS E DA PROMOÇÃO DA SAÚDE, de Souza e Freitas, onde é feita uma distinção entre o saneamento na perspectiva da prevenção e da promoção da saúde. Certamente, textos como esses auxiliam na definição de marcos conceituais de referência para a composição de sistemas de indicadores. Boa sorte!

Verificar quando solicita para marcar os 3 itens menos relevantes. O sistema só aceita se marcar 5 itens. Muito comprido. O questionário mais e 5 menos deveria ser só um (ou mais, ou menos)

Não. Está muito bom!

Teve algumas perguntas que solicitavam 3 respostas, porém na hora de enviar o formulário, foi necessário a marcação de 5 respostas para completar o envio.

O questionário contém erros. Em algumas questões temos a opção de selecionar 3 indicadores, porém na hora de submeter, ele solicita a escolha de 5 indicadores. Desse modo compromete o resultado.

Quando passamos o mouse sobre os quadros para obter os detalhes, abre apenas o primeiro item. Isso acontece em todos os quadros.

Não.

Não.

Não. Boa sorte!!

□

## APÊNDICE C – QUADRO RESUMO POR INDICADOR

### INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA E QUANTIDADE OFERTADA CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA

<b>1</b>	<b>Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)</b>		
Análises de cloro residual realizadas à água tratada/ análises requeridas durante período de um ano pelas normas ou legislação aplicável x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Baseada nos indicadores adotados pelo SNIS, esta seleção objetiva apenas averiguar o estado geral da qualidade da água distribuída, sem pretender substituir a necessidade de se realizar as análises de todos os parâmetros estabelecidos pela Portaria 2.914/11 que institui os parâmetros de potabilidade da água.			

<b>2</b>	<b>Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)</b>		
Análises de cloro residual com resultados sem conformidade com a legislação aplicável / número de análises realizadas à água tratada durante o período de referência x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Vide observações do indicador 1.			

<b>3</b>	<b>Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)</b>		
Análises de turbidez realizadas à água tratada/ análises requeridas durante período de referência pelas normas ou legislação aplicável x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Vide observações do indicador 1.			

<b>4</b>	<b>Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)</b>		
Análises de turbidez com resultados sem conformidade com a legislação aplicável / número de análises realizadas à água tratada durante o período de referência x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Vide observações do indicador 1.			

<b>5</b>	<b>Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)</b>		
Análises de coliformes totais realizadas à água tratada/ análises requeridas durante período de referência pelas normas ou legislação aplicável x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Vide observações do indicador 1.			

<b>6</b>	<b>Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)</b>		
Análises de coliformes totais com resultados sem conformidade com a legislação aplicável / número de análises realizadas à água tratada durante o período de referência x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Vide observações do indicador 1.			

<b>7</b>	<b>Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?</b>		
Verifica se o flúor é empregado como indicador indireto do controle da qualidade do processo de tratamento.			
<b>FONTE:</b>	Proposto, formulário online.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Além de sua importância para a saúde dentária, o flúor, sendo aplicado em ponto apropriado (à jusante do tratamento) dificilmente reduz sua concentração ao longo do percurso pelas tubulações. Em razão disso, a verificação de alteração em seu valor significa ocorrência de falhas no processo, devendo-se realizar revisões e vistorias.			

<b>8</b>	<b>Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?</b>		
Verifica a realização de controle e vigilância da qualidade da água distribuída.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Exigido pela Portaria 2.914/11, Art 13, Inciso XII.			

**POPULAÇÃO ATENDIDA / QUANTIDADE FORNECIDA**

<b>9</b>	<b>População total atendida (%)</b>		
População total (urbana + rural) atendida com abastecimento de água/ População total do município atendido com abastecimento de água			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
XXX			

<b>10</b>	<b>População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)</b>		
População total atendida pela tarifa social / População de baixa renda do município			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Embora controversa e estar originalmente atrelada ao dólar, atualmente, mesmo com as recentes altas da moeda americana, a população de baixa renda no Brasil é considerada as famílias com renda per capita até meio salário mínimo. A esta população estão destinados aos programas sociais do governo como Bolsa Família, Projovem Adolescente etc.			

<b>11</b>	<b>Consumo per capita (l/hab/dia)</b>		
Volume de Água Consumido pelo usuário final / População Total Atendida com Abastecimento de Água			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Deve ser calculado a partir do volume de água distribuído, dividindo-se pelo número de pessoas atendidas. Não utilizar o consumo per capita utilizado para o dimensionamento do sistema ou de sua ampliação, pois esse é estimado.			

## INDICADORES DE OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

<b>12</b>	<b>Consumo de energia elétrica no sistema por m<sup>3</sup> produzido no ano (kWh/m<sup>3</sup>/ano)</b>		
Consumo Total de Energia Elétrica no SAA / Volume de água que é produzido no mesmo período			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>Este indicador não é o ideal para comparar o consumo de energia entre sistemas de abastecimento de água, pois apesar da maior parcela do consumo de energia originar-se nas estações de bombeamento, ele não diferencia um sistema onde predomina o transporte de água por gravidade daquele em que a maior parte do transporte ocorre por recalque. Como a existência de bombeamento no SAA é uma questão resolvida no seu dimensionamento, de acordo com características incontornáveis como topografia, vazão demandada etc., seria mais adequado utilizá-lo em conjunto com outro indicador que fizesse a identificação da necessidade de participação do bombeamento no funcionamento do SAA. Desse modo, a utilização isolada deste indicador pode provocar uma falsa interpretação de eficiência energética do sistema quando, nesse, a maior parte da adução da água ocorre por gravidade.</p>			

<b>13</b>	<b>Há bombeamento nas horas de pico?</b>		
Verifica se as bombas normalmente operam no horário de maior demanda do sistema elétrico.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>Este indicador pode ser melhorado para levantar o percentual das horas de pico em que as bombas trabalham, permitindo, dessa forma, uma melhor avaliação do estado do SAA quanto a esse aspecto. Dever-se-ia considerar o tempo médio de operação nas horas de pico de todas as bombas instaladas durante um período de referência. No entanto, esse dado atualmente seria estimado, já que os operadores não os registram normalmente.</p>			

## OPERAÇÃO

<b>14</b>	<b>Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)</b>		
Extensão de rede com pressão estática inferior a 30 mca e dinâmica superior a 10 mca / extensão total de rede (km) x 100			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de ABAR, 2006.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
A NBR 12218/1994 limita a pressão estática máxima e dinâmica mínima na rede de distribuição entre 50 e 10 mca, respectivamente. No entanto, segundo ABAR (2006), o ideal são pressões estáticas inferiores a 30 mca em 90% da rede, evitando-se a ocorrência de grandes vazamentos. Entretanto, os vazamentos existentes em local de baixas pressões são mais difíceis de detecção e acabam gerando substanciais volumes de perda ao longo do tempo e de diversos pontos das tubulações. Os valores apresentados para este indicador foram estimados com base na experiência dos técnicos da rede de distribuição em virtude de não serem registrados.			

<b>15</b>	<b>Ligações não micromedidas (%)</b>		
Número de ligações ativas com hidrômetro / número total de ligações ativas x 100			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Juntamente ao indicador 16, verifica o grau de controle do operador com relação à toda água que sai e entra no sistema, facilitando a detecção e controle de vazamentos.			

<b>16</b>	<b>Macromedição longitudinal do SAA</b>		
Levanta os pontos onde há macromedidor instalado e se a rede de distribuição é setorizada.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Juntamente ao indicador 15, verifica o grau de controle do operador com relação à toda água que sai e entra no sistema, facilitando a detecção e controle de vazamentos.			

<b>17</b>	<b>Horas extraordinárias (%/mês)</b>		
Soma de horas extraordinárias cumpridas pelos funcionários no mês / (horas normais de trabalho no mês x nº total de funcionários do SAA) x 100			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Recomenda-se realizar a média dos últimos doze meses. Não considerar as horas de plantão programado. Muitas horas extraordinárias executadas podem indicar um uso ineficiente da mão-de-obra, quantidade de funcionários aquém da necessária ou grande ocorrência de situações emergenciais no SAA.			

<b>18</b>	<b>Economias por empregado (econ. / empregado)</b>		
Número de economias ativas / número total (próprios + terceirizados) de empregados de tempo integral			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Para a composição da escala deste indicador, considerou-se uma faixa ideal em que a proporção de economias para cada funcionário está a favor da boa produtividade dos mesmos e economicidade do SAA. Abaixo dessa faixa ideal, o SAA perde em economicidade e acima dela perde em produtividade da mão de obra.			

<b>19</b>	<b>Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)</b>		
Número total (próprios + terceirizados) de empregados de tempo integral ligados à operação e manutenção / número total de empregados de tempo integral x100			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Para a composição de seu escalonamento, considerou-se que a empresa é formada pelos seguintes departamentos: administrativo (recursos humanos, almoxarifado, TI e apoio), comercial (fatura e atendimento), contabilidade, técnico (operação, manutenção, engenharia e meio ambiente) e diretoria, sendo que o pessoal de operação e manutenção corresponde à maior parcela do pessoal técnico.			

<b>20</b>	<b>Pessoal com formação universitária (%)</b>		
Número de empregados com licenciatura ou bacharelato / número total de empregados x 100			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Embora ter formação universitária não signifique ser adequadamente qualificado e apesar de muitos profissionais de nível técnico terem alta qualificação, este indicador baseia-se na consideração de que, geralmente, a pessoa com nível universitário apresenta maior facilidade de compreensão e respeito dos fatores que envolvem sua atividade, possuindo uma visão mais ampla das funções, maior discernimento e proatividade. Nos operadores que oferecem serviços de água e esgoto, deve ser considerado somente os funcionários que trabalham com água ou fração quando o funcionário trabalhar nos dois sistemas.			

## INDICADORES DE MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO

### MANUTENÇÃO

<b>21</b>	<b>Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)</b>		
Calibrações de equipamentos realizadas / número de equipamentos que demandam calibração instalados (permanente ou temporariamente) no sistema			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Considerar medidores de vazão, pressão, nível de água, horímetros etc. além dos equipamentos para o monitoramento da qualidade da água, para os quais existem normas de controle de qualidade laboratorial que estabelecem a periodicidade e procedimentos de calibração.			

<b>22</b>	<b>Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)</b>		
Potência nominal total dos grupos eletrobomba e respectivos acessórios que foram alvo de inspeção no ano / Potência nominal total dos sistemas de bombeamento			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Apesar da definição formal, este indicador é extraído, muitas vezes, dos planos de vistoria de cada bomba que é produzido pelos fabricantes. Neles há a especificação dos testes que devem ser realizados e a periodicidade. Os operadores buscam seguir tais planos, pois com isso evitam problemas de interrupção do sistema.			

<b>23</b>	<b>Inspeção das adutoras e redes (%/ano)</b>		
Comprimento das adutoras e redes que foi inspecionado na busca de vazamentos / comprimento das adutoras e rede x 100			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Alguns operadores tentam substituir a pesquisa de vazamentos por acompanhamento informatizado do sistema, apesar de também ser uma forma de detectar vazamentos a prática não deve substituir a pesquisa de campo com geofones e outros aparelhos apropriados. Pela falta de registro, o percentual inspecionado das adutoras e redes é um dado estimado pelo técnico de operação.			

<b>24</b>	<b>Índice infraestrutural de fugas (-)</b>		
Perdas reais (em l/ramal/dia) / perdas reais mínimas (valor mínimo tecnicamente atingível)			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>Perdas reais mínimas (litros/ramal/dia) = (18 x Comp. rede [km]/ n° ramais + 0,7 + 0,025 x Comp. médio ramal [m]) x (Pressão média [kPa] / 10). Correspondem à melhor estimativa das Perdas Reais Inevitáveis Médias (PRIM). Quanto mais próximo de 1 der o índice infraestrutural de fugas, melhores as condições do sistema. Devido a falta de valores referenciais para este indicador, calculou-se primeiramente seu valor para o todos os SAAs do Estudo de Caso e, a partir desses valores, estabeleceu-se a escala, definindo-se o estado de cada um deles com relação a esse dado. É necessário ampliar o cálculo para um maior número de SAA a fim de se ter uma escala mais confiável com relação à realidade brasileira. A fragilidade deste indicador é ter que utilizar uma pressão média estimada em função de não haver o hábito de aferição da pressão nos SAAs no Brasil.</p>			

<b>25</b>	<b>Perdas na distribuição (%)</b>		
$\frac{(\text{Volume produzido} + \text{importado} - \text{de serviço} - \text{consumido})}{(\text{Volume produzido} + \text{importado} - \text{de serviço})} \times 100$			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>No SNIS, este indicador é denominado "Índice de perdas na distribuição". O IRAR utiliza indicador semelhante a este, denominado "Ineficiência na utilização dos recursos hídricos" que considera as perdas reais, isto é, o volume de água que não é utilizado por ninguém em razão de vazamentos (IWA, 2004). O período de referência adotado para os volumes é anual.</p>			

<b>26</b>	<b>Idade média dos hidrômetros (ano)</b>		
Valor extraído do conhecimento do operador pela lida diária no sistema.			
<b>FONTE:</b>	Proposto, retirado do formulário online.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>A troca dos hidrômetros em intervalos de tempo menores é do interesse do operador, pois o aparelho se desgasta com o tempo e passa a gerar perdas aparentes pela diminuição de sensibilidade de leitura. A leitura correta contribui para uma cobrança mais justa e conseqüentemente caminha a favor da sustentabilidade financeira da empresa. Além disso, hidrômetros ajustados conferem maior controle da água que entra e sai do sistema.</p>			

<b>27</b>	<b>Reparações por controle ativo de fugas (%)</b>		
Reparações por controle ativo de fugas / Reparções por controle ativo e reativo (pós aviso ou problema visível) de fugas x 100			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Afere se o controle de fugas do sistema é mais ativo ou reativo. Se for mais reativo, pode significar que somente os vazamentos visíveis e de maiores vazões são reparados, havendo grande perda de água no sistema. A fragilidade do indicador está na falta de registro atual pelos operadores desse tipo de informação. Portanto, foi levantada sua estimativa com base na experiência do operador.			

QUALIDADE DO SERVIÇO / SATISFAÇÃO DA POPULAÇÃO

<b>28</b>	<b>Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida</b>		
Levanta a existência da necessidade do emprego de manobras hidráulicas (fechamento de zonas de abastecimento para abastecer outra) para que toda a população com água canalizada seja atendida.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
A possibilidade de realizar tais manobras é bom para o sistema em situações emergenciais ligadas à questões de manutenção. No entanto, este indicador está voltado às necessidades de ordem de escassez hídrica ou mal dimensionamento do sistema. Neste trabalho, seu uso substitui o uso dos indicadores de regularidade do abastecimento, frequência, duração e população atingida por interrupções e intermitências em virtude da dificuldade de seu registro.			

<b>29</b>	<b>Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações/ano)</b>		
Reclamações sobre o serviço / número de ligações x 1000			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Deve ser considerado junto a outras características do sistema, já que seu valor embute reclamações ligadas a cobranças inadequadas - que nada têm a ver com o desempenho do SAA - e decorrentes de problemas no interior da residência - como no reservatório domiciliar - sobre os quais o operador não tem interferência.			

<b>30</b>	<b>Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)</b>		
Serviços executados / reclamações ou solicitações de serviços x 100			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Complementa a informação do indicador anterior, indicando qual é a eficiência do operador com relação à resposta das reclamações e solicitações. Embora o tempo de resposta a estas demandas também se constituísse num bom indicador para aferir a eficiência do operador, a pesquisa de campo identificou que esse dado, normalmente não é devidamente registrado, o que torna seu levantamento dispensável.			

### INDICADORES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA

<b>31</b>	<b>Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)</b>		
Água que entra no ano / disponibilidade anual de RH próprios (capacidade anual de captação, considerando instalações e condições do manancial utilizado) x 100			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
100% significa que toda água própria disponível está sendo utilizada. A capacidade anual de captação é estimada pela própria entidade, de acordo com as exigências de qualidade da água e seus planos de garantia, gestão de seca e de operação. Não é adequado para comparações, a menos que sejam adotados os mesmos pressupostos de base para o cálculo para a disponibilidade de recursos hídricos próprios. Embora não sirva para comparar um operador com outro, sua utilidade está na auto-avaliação e preocupação com a vida útil do sistema.			

<b>32</b>	<b>Disponibilidade hídrica (-)</b>		
Vazão necessária (VN) para atender 100% das demandas hídricas no horizonte de 10 anos / Disponibilidade hídrica (DH) para abastecimento público no local			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de ABAR, 2006.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Considera mananciais superficiais e subterrâneos. Se $VN/DH < 0,2$ , não haverá restrições para outorga, se $0,2 < VN/DH < 0,5$ , haverá restrições para outorga para maioria dos usuários, se $VN/DH > 0,5$ , haverá restrições para outorga para todos os usuários (ABAR, 2006). A fragilidade deste indicador pode estar na inexistência dos estudos para a obtenção dos dados necessários ao seu cálculo pelo operador.			

<b>33</b>	<b>Saturação do Sistema Produtor (ano)</b>		
<p><math>\log [CP / VP (k_2/k_1)] / \log (1 + t)</math>. CP, Capacidade de produção (m<sup>3</sup>/dia); VP, vazão necessária para atender 100% da população (m<sup>3</sup>/dia); t, taxa de crescimento anual média da população urbana (5 anos subsequentes); K1 e K2, perda atual e prevista (para os próximos 5 anos).</p>			
<b>FONTE:</b>	ABAR, 2006.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>Qualificação do indicador: Sist. Integrados ou complexos (6 &lt; n &lt; 8 - início dos estudos; 5 &lt; n &lt; 6 - Aprovação das licenças e projetos; 3 &lt; n &lt; 5 - Execução das obras); Sistemas superficiais ou com tomadas de água simples (4 &lt; n &lt; 6 - Início dos estudos; 3 &lt; n &lt; 4 - aprovação das licenças e projetos; 2 &lt; n &lt; 3 - execução das obras) ou sistema de poços (3 &lt; n &lt; 4 - Início dos estudos; 2 &lt; n &lt; 3 - aprovação das licenças e projetos; e 1 &lt; n &lt; 2 - Execução das obras). Para seu cálculo o operador forneceu as variáveis CP e VP, t foi retirado do IBGE e K2 foi adotado igual a k1, considerando-se que a perda atual se manterá constante pelos próximos 5 anos.</p>			

<b>34</b>	<b>Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária</b>		
<p>Verifica se as dimensões, equipamentos e tecnologia da ETA ou sistema de tratamento simplificado estão adequados, aquém ou no limite para o volume demandado e as características da água bruta captada.</p>			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>35</b>	<b>Existência de alternativas para a captação</b>		
<p>Verifica a possibilidade de utilização de manancial alternativo em caso de problemas nas instalações ou manancial normalmente utilizado.</p>			
<b>FONTE:</b>	Proposto	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>36</b>	<b>Há reservação monitorada à montante da captação?</b>		
<p>Verifica se no manancial utilizado há uma reservação à montante da captação que retarde o efeito de possíveis contaminações</p>			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>O monitoramento contínuo da reservação à montante da captação tem o intuito de possibilitar que sejam tomadas medidas tempestivas quando da detecção de alguma contaminação antes que esta alcance as instalações do SAA. Como não há necessidade desse tipo de reservação em sistema de poços, deve-se marcar, nesse caso, "sim" como resposta a fim de pontuar positivamente no ELECTRE TRI.</p>			

<b>37</b>	<b>Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial</b>		
Detecta a contaminação do manancial por atividades industriais, agrícolas (fertilizantes) e principalmente por esgoto.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Embora a ocorrência de eutrofização se dê em ambientes lênticos (lagos), a utilização deste indicador em mananciais de águas correntes ou poços não prejudicará a avaliação desses.			

<b>38</b>	<b>Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?</b>		
O assoreamento é ocasionado pelo arraste de sedimentos pela água da chuva até o corpo d'água. Esse fenômeno é intensificado pelo desmatamento e pode ser contido por meio de um sistema de drenagem apropriado.			
<b>FONTE:</b>	Proposto	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Sua utilização só faz sentido para mananciais superficiais, porém a avaliação do sistema com manancial subterrâneo não é prejudicada por este indicador.			

<b>39</b>	<b>Identifica-se problema de salinização no manancial? (associado ao tempo de permanência e circulação no aquífero).</b>		
Verifica se o teor de salinidade da água captada vem aumentando ao longo do tempo. Fenômeno mais comumente encontrado em regiões semiáridas e zonas costeiras.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Embora este indicador seja voltado para mananciais subterrâneos, sua utilização para os mananciais superficiais não causa erro de interpretação, pois o manancial superficial não será mal avaliado, já que não ocorre, normalmente, sua salinização.			

## INDICADORES DE PLANEJAMENTO E POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO

<b>40</b>	<b>Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)</b>		
Número total (próprios + terceirizados) de empregados de tempo integral ligados ao planejamento, projeto e construção dos sistemas / número total de empregados de tempo integral x100			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>Conforme o indicador 20, para a composição de seu escalonamento, considerou-se que a empresa é formada pelos seguintes departamentos: administrativo (recursos humanos, almoxarifado, TI e apoio), comercial (fatura e atendimento), contabilidade, técnico (operação, manutenção, engenharia e meio ambiente) e diretoria, sendo que o pessoal relacionado ao planejamento corresponde a uma parcela do pessoal técnico. No caso das empresas estaduais, número de funcionários atuando nas atividades consideradas foi dividido pelo número de sistemas que eles atuam. Nos operadores que oferecem serviços de água e esgoto, esse total deve reportar-se somente aos funcionários que trabalham com água ou fração quando o funcionário trabalhar nos dois sistemas.</p>			

<b>41</b>	<b>Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)</b>		
Número total (próprios + terceirizados) de empregados de tempo integral ligados à gestão dos recursos hídricos e origens da água			
<b>FONTE:</b>	Adaptado de IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
<p>O indicador original do IWA levanta o número total de empregados ligados à gestão dos recursos hídricos e origens da água com relação ao volume produzido durante um ano. Como não foram encontrados valores de referência para este indicador em sua forma original e considerando a importância de se ter no SAA pessoas responsáveis por realizar esses estudos, somada ao comum descuido com relação a isso nos SAAs do Brasil, sua escala foi montada a partir do raciocínio de que é preciso ter uma equipe, de preferência multidisciplinar, que estude e discuta o assunto. Sendo assim, este trabalho considerou que cada sistema deveria ter, no mínimo, 05 pessoas que tratem desse assunto independente do volume de água produzido anualmente. Não é necessário que essas pessoas tratem exclusivamente do assunto, podendo, por exemplo, desenvolver também as atividades de planejamento, projeto e construção dos sistemas. Considerando a realidade das empresas estaduais de saneamento, uma mesma equipe pode tratar das origens da água e gestão de recursos hídricos de diversos SAAs. No caso das empresas estaduais, número de funcionários atuando nas atividades consideradas foi dividido pelo número de sistemas que eles atuam.</p>			

<b>42</b>	<b>Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?</b>		
Verifica se há programa emergencial para controle dos riscos de problemas de tratabilidade da água bruta ou recontaminação da água tratada.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>43</b>	<b>Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?</b>		
Verifica se há programa emergencial para controle dos riscos de problemas de tratabilidade da água bruta ou recontaminação da água tratada.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>44</b>	<b>Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?</b>		
Verifica se há preparo nas instalações para controle dos riscos de problemas de tratabilidade da água bruta ou recontaminação da água tratada.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>45</b>	<b>Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?</b>		
Verifica se há previsão de material para controle dos riscos de problemas de tratabilidade da água bruta ou recontaminação da água tratada.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>46</b>	<b>Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?</b>		
Verifica se há ações para o controle do desperdício de água pelo consumidor final, como informativos, campanhas, desconto para aquisição de aparelhos economizadores, etc.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>47</b>	<b>Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?</b>		
Verifica se há controle, pelo operador, das atividades que podem afetar negativamente o manancial			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
A Portaria 2.914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, estabelece, em seu Art. 13, inciso IV, que compete ao responsável pelo sistema, manter sua avaliação sistemática, com base no critério de ocupação da bacia contribuinte, entre outros.			

<b>48</b>	<b>Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?</b>		
Além da aferição das perdas atuais existentes no sistema, é preciso estabelecer valores a serem atingidos até determinada data por meio de medidas concretas de redução de perdas.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

#### INDICADORES DE RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS

<b>49</b>	<b>Licença ambiental</b>		
Verifica se a licença ambiental de operação está regularizada e se as condicionantes, quando houver, estão sendo cumpridas.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto – textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>50</b>	<b>Outorga para o uso da água</b>		
Verifica se a outorga para o uso da água, quando houver, está regularizada e se as condicionantes estão sendo cumpridas.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>51</b>	<b>A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de conservação?</b>		
Verifica se toda a bacia ou parte dela faz parte de alguma unidade de conservação ambiental, considerando, principalmente as unidades de uso sustentável e de proteção integral.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
A Lei 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), dá as seguintes definições: Uso sustentável: exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável; Proteção integral: manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais. Nas unidades de proteção integral, é permitido instalar captação de água para sistema de abastecimento.			

<b>52</b>	<b>Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?</b>		
Verifica se a área de captação tem proteção adequada contra a entrada de pessoas não autorizadas e animais.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>53</b>	<b>Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial</b>		
Verifica a existência de atividade capaz de afetar negativamente o manancial de acordo com seu nível de risco.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
A Lei nº 6.938/1981, em seu anexo VIII, define quais as atividades são consideradas de alto, médio ou baixo risco. É necessário definir o grau de risco das atividades não constantes deste anexo, por aproximação.			

<b>54</b>	<b>Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (retenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)</b>		
Verifica a vulnerabilidade do manancial com relação à sua contaminação por meio do derramamento de contaminantes pela ocorrência de acidentes veiculares em estradas circunvizinhas.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>55</b>	<b>Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial</b>		
Verificar se o manancial está sob risco de contaminação por esgoto em decorrência da proximidade destas estruturas que compõem o sistema de esgotamento sanitário.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - textual.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Embora o sistema de esgotamento sanitário seja complementar ao sistema de abastecimento de água, suas estruturas, como poços de visita e de sucção, permitem ocorrência de extravazamento como forma de evitar o retorno do esgoto aos domicílios atendidos. Desse modo, embora complementar e necessário ao SAA, a localização de tais estruturas pode afetar o sistema de abastecimento.			

<b>56</b>	<b>Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?</b>		
Além da verificação da existência de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial (Indicador 53) é necessário verificar se tais atividades estão próximas da área de captação, principalmente as que geram efluentes, resíduos contaminados ou podem gerar vazamentos de químicos.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>57</b>	<b>Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?</b>		
Verifica se as estruturas de drenagem existentes conduzem a água a um ponto seguro com relação à captação.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>58</b>	<b>O lodo é disposto adequadamente?</b>		
Verifica se o lodo, gerado, principalmente, nos decantadores, recebem tratamento (por meio de secagem) e são depositados em local seguro e apropriado.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>59</b>	<b>Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?</b>		
Verifica se o operador detém controle sobre lançamentos inapropriados no manancial.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

<b>60</b>	<b>População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)</b>		
População Total Atendida com Esgotamento Sanitário / População Total do(s) Município(s) com Abastecimento de Água			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Quanto maior for o percentual de população atendida com sistema de esgotamento sanitário, menor o risco de existência de lançamentos clandestino de esgoto no manancial.			

## INDICADORES DE CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS

<b>61</b>	<b>Custos totais de exploração por m<sup>3</sup> faturado (R\$/m<sup>3</sup>/ano)</b>		
Custos correntes no ano/ consumo faturado (incluindo água exportada) no ano			
<b>FONTE:</b>	SNIS, 2013.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
O IWA (2004) denomina este indicador de "Custos unitários correntes" que apresenta o mesmo conceito do indicador utilizado pelo SNIS (adotado). Os custos correntes ou de exploração ou ainda valores de custeio excluem os custos de capital (amortizações, custos financeiros). Integra o sistema IRAR.			
<b>62</b>	<b>Custos com pessoal total por m<sup>3</sup> faturado (R\$/m<sup>3</sup>/ano)</b>		
Custos com pessoal total (próprios + terceirizados) no ano/ Volume faturado no ano			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Custos com pessoal total incluem custos com pessoal próprio e terceirizado e, nos operadores que oferecem serviços de água e esgoto, esse total deve reportar-se somente aos funcionários que trabalham com água ou fração quando o funcionário trabalhar nos dois sistemas.			
<b>63</b>	<b>Custos com energia elétrica por m<sup>3</sup> faturado (R\$/m<sup>3</sup>/ano)</b>		
Custo total de energia elétrica no ano/ volume de água faturado no ano			
<b>FONTE:</b>	Proposto, calculado a partir dos indicadores do SNIS (2013).	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
O IWA apresenta o indicador "Custos de energia elétrica (%)" que calcula o percentual dos gastos com energia com relação aos custos totais de exploração ou correntes. Entretanto estudos vêm demonstrando que os indicadores apresentados em percentual não se configuram como a melhor forma de comparação de desempenho entre diferentes sistemas analisados. É mais recomendado atrelá-lo a variáveis comuns aos sistemas comparados, nesse caso m <sup>3</sup> faturado já que se trata de SAA. A escala deste indicador foi montada por meio do seu cálculo para todos os municípios da RIDE DF e Entorno a partir de indicadores disponíveis no SNIS: "Despesas de exploração com Energia elétrica" (R\$/ano) e "Volume faturado" (m <sup>3</sup> /ano).			

<b>64</b>	<b>Outros custos por m3 faturado (R\$/m3/ano)</b>		
Custos com produtos químicos, fiscais ou tributárias computadas nos custos correntes, água importada e outros no ano / Volume faturado no ano			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Da mesma forma dos demais indicadores de custos selecionados, não incluem os custos de capital (amortizações, custos financeiros).			

<b>65</b>	<b>Cobertura dos custos (%)</b>		
Despesa de exploração (R\$/ ano) / Receita do consumo faturado (R\$/ ano) x 100			
<b>FONTE:</b>	Proposto, calculado a partir dos indicadores do SNIS (2013).	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Visa verificar se a receita gerada pelo consumo faturado suporta a despesa gerada no mesmo período. A situação é crítica à sustentabilidade financeira do SAA para valores deste indicador próximos a 100%, sendo agravada quando ultrapassa esse valor. Para a composição de sua escala, seu valor foi calculado para os municípios da RIDE DF e Entorno a partir dos indicadores de receita e despesa apresentados pelo SNIS (2013) e por meio do valor médio da tarifa cobrada pelo prestador do serviço de cada município.			

<b>66</b>	<b>Razão de solvência (-)</b>		
Capital próprio no ano / Passivo total no ano			
<b>FONTE:</b>	IWA, 2004.	<b>TIPO:</b>	Escala Contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Deve ser calculado com base em dados anuais. Integra o sistema do IRAR. Avalia o nível de sustentabilidade do operador em termos econômicos e financeiros, no que diz respeito à capacidade da empresa para liquidar as suas dívidas.			

<b>67</b>	<b>Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)</b>		
Tarifa residencial normal da menor faixa de consumo x maior volume possível dentro da faixa / salário mínimo x 100			
<b>FONTE:</b>	Proposto, formulário online.	<b>TIPO:</b>	Escala contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Indicador proposto com base na experiência de um engenheiro que já trabalhou em diversos Sistemas Autônomos de Água e Esgoto (SAAEs), prestando consultoria e que participou da consulta a especialistas por meio do formulário online. De acordo com ele, quando este indicador ultrapassa os 10%, parte da população apresenta dificuldade de pagamento de suas contas de água. Ainda segundo ele, cerca de 40% da população, normalmente, utiliza-se da menor tarifa residencial normal.			

<b>68</b>	<b>Reinvestimento em infraestrutura (%/ano)</b>		
Valor reinvestido em novas tecnologias, estruturas e equipamentos, substituição ou restauração dos existentes/ lucro do período x 100.			
<b>FONTE:</b>	Proposto	<b>TIPO:</b>	Escala contínua.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Alguns operadores somente consideram investimento os valores gastos com expansão do sistema, porém para este indicador, devem-se considerar gastos com novas tecnologias, substituição de materiais e equipamentos e até com <i>know-how</i> . A composição de sua escala baseou-se na recomendação do Sebrae de que o percentual de reinvestimento nas empresas deve ser em torno de 30% do seu lucro.			

<b>69</b>	<b>Há plano de investimento?</b>		
Verifica se o operador sabe onde investir e quais são suas prioridades.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
Não há necessidade de haver um plano formal, documentado.			

<b>70</b>	<b>Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?</b>		
Verifica se o operador está atento para a redução de desperdícios, ampliando sua sustentabilidade financeira.			
<b>FONTE:</b>	Proposto.	<b>TIPO:</b>	Discreto - booleano.
<b>OBSERVAÇÕES</b>			
xxxx			

## APÊNDICE D – INDICADORES CONFORME MAPA CONCEITUAL

Sistema de Abastecimento de Água	Gerenciamento mantém a	Qualidade da água distribuída
7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	
17	Calibração de equipamentos do sistema (nº/ano)	
18	Horas extraordinárias (%)	
19	Economias por empregado (econ. / empregado)	
20	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	

Sistema de Abastecimento de Água	Gerenciamento mantém a	Qualidade do serviço
28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	
29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligação/ano)	
30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Manancial
39	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).	
41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água [nº/ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)]	
54	Presença e situação de estradas à montante da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	
56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Captação
31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)	
35	Existência de alternativas para a captação	
36	Há reservação na captação?	

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Adução
23	Inspeção das adutoras e redes (%)	

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Tratamento
34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária	

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Reservação
Como não foi possível encontrar indicador que agregasse ao conjunto selecionado e que estivesse intimamente relacionado com a questão da reservação, esta relação, assim como a relação que trata sobre os recursos públicos, não foi atendida por nenhum indicador. Ressalta-se que os indicadores devem atender a critérios como quantificação ou, no mínimo, objetividade na transmissão da informação, além de não poderem ser redundantes com relação à totalidade do conjunto.		

Sistema de Abastecimento de Água	É composto por	Rede de distribuição
8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	
14	Controle de pressão na rede (%)	

Sistema de Abastecimento de Água	Dimensionado para atender determinada	População
9	População total atendida (%)	
11	Consumo per capita (l/hab/dia)	

Sistema de Abastecimento de Água	Necessita de licenciamento ambiental emitido pelo	Órgão ambiental
49	Licença ambiental	

Manancial	Necessita outorga aprovada pelo(a)	Comitê de bacia, órgão estadual ou ANA
32	Disponibilidade hídrica (%)	
50	Outorga para o uso da água	

Manejo de águas pluviais	Protege o	Manancial
38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?	
57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento à montante da captação?	

Coleta e tratamento de esgotos	Protege o	Manancial
37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial	
55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	
59	Há fiscalização contra o lançamento de esgoto clandestino no manancial?	
60	População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)	

Existência de APA	Protege o	Manancial
51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?	
52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	

Normas de potabilidade	Definem padrões de	Qualidade da água distribuída
1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%)	
2	Análises de cloro residual fora do padrão (%)	
3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%)	
4	Análises de turbidez fora do padrão (%)	
5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%)	
6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%)	

Tratamento	Pode exigir qualificação da	População
21	Pessoal com formação universitária (%)	
62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	

Bombeamento	Pode ser necessário a	Captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição
22	Inspeção de grupos eletrobomba (%)	

Bombeamento	Responsável por grande parcela dos	Custos de exploração
12	Consumo de energia elétrica no sistema (kWh/m <sup>3</sup> )	
63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	

População	Demanda quantidade de horas de	Bombeamento
13	Há bombeamento nas horas de pico?	

População	Pressiona para baixos valores das	Tarifas diferenciadas
10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	
67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)	

Tarifas diferenciadas	Devem cobrir os	Custos totais de exploração
61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	
65	Cobertura dos custos (%)	

Tarifas diferenciadas	Deveriam cobrir	Custos com a implantação
66	Razão de solvência (-)	

Tarifas diferenciadas	Podem possibilitar	Reinvestimento e sustentabilidade do SAA
68	Reinvestimento em infraestrutura (%)	
69	Há plano de investimento?	

Tarifas diferenciadas	Podem possibilitar	Uso racional da água
24	Índice infraestrutural de fugas (-)	
25	Perdas na distribuição (%)	

Reinvestimento e sustentabilidade do SAA e uso racional da água	Aumentam vida útil do	Sistema de Abastecimento de Água
27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	
33	Saturação do Sistema Produtor (dias)	
40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	

Custos totais de exploração	Embutem	Custos com perdas reais e aparentes
15	Água não micromedida (%)	
16	Macromedição longitudinal do SAA (-)	
26	Idade média dos hidrômetros (ano)	

Recursos públicos	Podem financiar	Custos com implantação
<p>Não foi possível determinar, ao indicador sugerido para esta relação, qual seria um percentual ideal de utilização de recursos públicos, não sendo possível, portanto, estabelecer uma escala para este indicador que, por consequência, foi descartado.</p>		

Lodo	Precisa ter	Disposição adequada
58	O lodo é disposto adequadamente?	

Disposição adequada do lodo	Implica aumento dos	Custos totais de exploração
64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	

Sistema de Abastecimento de água	Melhora desempenho com	Programa de melhoria contínua
46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?	
48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	
70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	

Qualidade da água distribuída	Exige	Administração dos riscos
42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	
43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?	
44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?	
45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?	

Reinvestimento e sustentabilidade do SAA e uso racional da água	Exige olhar integral para a	Bacia hidrográfica
47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?	
53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia	

## APÊNDICE E – INDICADORES DO SNIS (Dados 2012, publicação 2013)

INFORMAÇÕES GERAIS		SANEAGO																	CAES B	SAAE	SAAE	SAAE	SANE CAB	COPA SA	
		Prestador do serviço																	Brasília - DF	Abadiânia - GO	Corumbá de Goiás - GO	Unaí - MG	Cabeceira Grande - MG	Buritizal - MG	
Município		Água Fria de Goiás	Águas Lindas de Goiás	Alexânia	Cabeceiras	Cidade Ocidental	Cocalzinho de Goiás	Cristalina	Formosa	Luziânia	Mimoso de Goiás	Novo Gama	Padre Bernardo	Pirenópolis	Planaltina	Sto Antônio do Descoberto	Valparaíso de Goiás	Vila Boa	Brasília - DF	Abadiânia - GO	Corumbá de Goiás - GO	Unaí - MG	Cabeceira Grande - MG	Buritizal - MG	
Tipo de serviço		Água	Água	Água	Água	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água	Água	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	
ATENDIMENTO	Índice de atendimento total de água	%	41,98	99,85	82,62	72,78	78,07	37,02	69,24	91,94	68,83	46,25	93,26	38,98	67,36	95,02	76,92	91,52	73,96	98,04	73,14	61,31	82,44	93,74	70,81
	Índice de atendimento total de esgoto	%	0,00	0,00	0,00	0,00	49,42	0,00	22,24	40,30	11,86	46,25	22,55	31,12	0,00	27,64	29,93	30,46	0,00	81,97	65,80		70,40		25,50
CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO	Produtividade: econ. ativas / pessoal total (equivalente)	Econ./empregado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520,35	158,60	109,30	444,70		440,92
	Densidade de rede de distribuição	ligações/Km	83,03	216,54	99,28	61,20	75,08	74,55	85,94	94,95	53,82	62,36	99,00	81,73	71,79	120,99	76,27	141,13	73,61	72,99	70,92	86,21	83,33	49,75	71,28
	Consumo médio per Capita de água	l/hab.dia	158,97	96,36	118,50	126,29	150,61	143,57	121,98	121,12	115,20	125,27	117,18	147,24	197,05	118,94	116,50	110,43	130,43	188,80	122,80	158,40	174,60	97,70	120,91
	Volume de água disponibilizado por economia	m³/mês/econ	11,76	14,12	12,80	12,53	16,26	14,35	16,63	15,85	17,40	9,49	17,61	17,12	17,50	14,40	17,17	15,98	15,79	20,40	17,00	19,10	22,80	15,50	12,23
	Consumo médio de água por economia	m³/mês/econ	8,46	9,60	9,27	9,18	9,63	9,14	11,20	10,50	10,85	8,28	11,65	10,04	11,81	10,18	11,14	10,41	10,44	15,50	11,10	14,70	15,20	8,60	9,88
	Densidade domiciliar (IBGE, 2010)	hab/domicílio	2,21	3,28	2,58	2,62	3,06	2,60	2,92	2,96	3,02	2,15	3,38	2,58	2,38	3,09	3,10	2,90	2,82	3,00	2,74	2,47	2,65	2,15	2,61
	Índice de consumo de água	%	72,60	68,59	73,05	73,96	59,75	64,28	67,92	66,81	62,93	88,03	66,76	59,16	68,10	71,28	65,43	65,70	66,72	76,08	65,45	77,13	66,58	55,28	81,21
	Índice de consumo de energia elétrica em SAA	kWh/m³	0,96	0,72	1,06	0,72	1,20	1,24	0,88	0,41	0,96	0,88	0,58	1,15	0,19	0,92	0,65	0,38	0,40	0,92	1,84		0,50		0,44
	Macromedição do vol. produzido e importado	%	15,60	0,00	0,00	0,00	83,97	87,03	25,51	98,76	22,79	100,00	83,60	47,68	3,74	18,21	99,83	26,35	6,79	96,97	96,85	100,00	100,00	41,75	100,00
	Micromedição do volume disponibilizado	%	71,78	67,42	72,32	73,17	58,34	63,65	66,90	66,21	62,32	87,21	66,14	58,46	67,50	69,91	64,52	63,95	66,06	75,93	62,63	77,13	66,58	52,07	81,19
HIDROMETRAÇÃO	Economias ativas micromedidas	%	99,10	90,62	97,02	97,05	92,09	96,40	96,29	97,21	89,75	98,75	97,67	98,10	97,63	95,52	94,11	89,18	99,42	-	-	-	-	-	-
	Consumo micromedido por economia	m³/mês/econ	8,44	9,52	9,26	9,17	9,49	9,13	11,12	10,50	10,84	8,28	11,65	10,01	11,81	10,07	11,08	10,22	10,43	15,50	10,70	14,70	15,20	9,00	9,88

INFORMAÇÕES GERAIS	Prestador do serviço		SANEAGO																CAES B	SAAE	SAAE	SAAE	SANE CAB	COP ASA	
	Município	Água Fria de Goiás	Águas Lindas de Goiás	Alexânia	Cabeceiras	Cidade Ocidental	Cocalzinho de Goiás	Cristalina	Formosa	Luziânia	Mimoso de Goiás	Novo Gama	Padre Bernardo	Pirenópolis	Planaltina	Sto Antônio do Descoberto	Valparaíso de Goiás	Vila Boa	Brasília - DF	Abadiânia - GO	Corumbá de Goiás - GO	Unai - MG	Cabeceira Grande - MG	Buriti - MG	
	Tipo de serviço	Água	Água	Água	Água	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgoto	Água	Água e Esgoto	Água	Água e Esgotos	
PERDAS	Índice de perdas na distribuição	%	27,40	31,41	26,95	26,04	40,25	35,72	32,08	33,19	37,07	11,97	33,24	40,84	31,90	28,72	34,57	34,30	33,28	23,92	34,55	22,87	33,42	44,72	18,79
	Índice bruto de perdas lineares	m³/dia/km	9,07	33,87	11,44	6,25	16,54	12,39	15,16	16,15	11,59	2,35	21,03	18,70	13,78	16,91	16,19	25,12	12,40	17,91	12,73	9,88	22,57	9,22	5,78
	Índice de perdas por ligação	L/dia/lig.	109,43	162,52	120,49	108,97	231,11	170,87	185,63	185,70	230,17	38,05	224,14	240,41	196,61	148,13	223,08	197,65	174,51	261,46	196,55	202,53	289,74	229,14	81,03
QUALIDADE DA ÁGUA	Volume tratado em Eta / Volume produzido	%	0,00	0,00	93,68	0,00	88,93	0,00	97,74	96,66	29,79	0,00	72,36	100,00	80,85	91,62	99,87	53,79	0,00	-	-	-	-	-	-
	Volume tratado por desinfecção / volume produzido	%	100,00	99,91	6,32	100,00	11,07	100,00	2,26	3,34	70,21	100,00	27,64	0,00	19,15	8,38	0,13	46,21	100,00	-	-	-	-	-	-
	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual	%	164	120	54	160	61	113	59	118	63	127	44	55	114	133	38	48	172	173,61	100	100,00	87	100,00	121
	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	%	0,28	92,08	1,21	0,00	4,18	3,08	3,50	0,57	7,66	17,09	0,58	1,23	1,42	1,37	2,82	3,66	3,23	0,37	0,00	0,00	1,40	0,20	0,00
	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Turbidez	%	164	120	57	160	63	113	59	121	69	127	44	55	114	133	39	51	172	173,42	100	100,00	72	100,00	119
	Análises de turbidez fora do padrão	%	0,14	3,09	2,30	3,03	6,61	1,64	15,48	0,28	9,92	1,45	8,16	3,27	3,82	4,94	12,61	4,18	0,27	17,50	0,00	0,00	3,73	0,29	0,17
	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais	%	164	122	56	161	63	113	59	121	69	127	44	55	114	133	39	51	172	116,55	100	100,00	114	32,52	106
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	%	0,56	36,18	1,39	1,44	3,46	0,82	1,42	0,69	3,85	12,00	2,75	4,08	1,13	4,20	4,46	4,86	1,61	2,38	0,00	0,00	5,60	0,00	0,00
	Índice de tratamento do esgoto em relação à estimativa do produzido	%					56,37		41,76	57,70	26,61	103,77	28,00	73,56		31,54	42,76	45,24		66,42	66,21		54,89		0,00

INFORMAÇÕES GERAIS	Prestador do serviço		SANEAGO																CAES B	SAAE	SAAE	SAAE	SANE CAB	COP ASA		
	Município	Água Fria de Goiás	Águas Lindas de Goiás	Alexânia	Cabeceiras	Cidade Ocidental	Cocalzinho de Goiás	Cristalina	Formosa	Luziânia	Mimoso de Goiás	Novo Gama	Padre Bernardo	Pirenópolis	Planaltina	Sto Antônio do Descoberto	Valparaíso de Goiás	Vila Boa	Brasília - DF	Abadiânia - GO	Corumbá de Goiás - GO	Unai - MG	SANE Cabeceira Grande - MG	Buriti - MG		
	Tipo de serviço	Água	Água	Água	Água	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água e Esgotos	Água	Água e Esgotos	Água e Esgoto	Água	Água e Esgoto	Água	Água e Esgotos		
FINANCEIROS	Despesa total com os serviços por m³ faturado	R\$/m³	3,23	2,02	3,12	3,14	4,07	5,05	3,66	4,57	6,53	12,96	3,63	7,36	3,57	3,59	3,18	3,63	2,67	3,52	0,90	1,20	1,31	2,89		
	Despesa de exploração por m³ faturado	R\$/m³	3,00	1,75	2,87	2,89	3,49	4,42	3,02	3,17	3,23	5,02	3,05	5,87	3,02	3,08	2,77	3,01	2,38	3,07	0,90	1,20	1,05	2,18		
	Despesa com pessoal total por m³ faturado	R\$/m³	1,48	0,96	1,54	1,63	1,86	2,58	1,71	1,82	1,77	2,91	1,87	3,28	2,02	1,74	1,56	1,68	1,28	-	-	-	-	-	-	
	Despesa com energia elétrica por m³ faturado	R\$/m³	0,58	0,26	0,49	0,43	0,66	0,86	0,41	0,29	0,63	0,46	0,29	1,05	0,13	0,39	0,32	0,34	0,26	-	-	-	-	-	-	
	Despesa com produtos químicos por m³ faturado	R\$/m³	0,004	0,001	0,014	0,007	0,017	0,009	0,017	0,014	0,038	0,015	0,011	0,027	0,030	0,025	0,022	0,033	0,005	-	-	-	-	-	-	
	Outras despesas por m³ faturado	R\$/m³	0,94	0,53	0,83	0,82	0,96	0,97	0,88	1,05	0,80	1,63	0,76	1,52	0,84	0,92	0,87	0,96	0,83	-	-	-	-	-	-	
	Receita do consumo por economia (Consumo faturado x tarifa)	R\$/ano/econ	249,21	282,13	273,63	270,94	283,46	269,60	371,79	350,35	362,04	276,31	388,90	334,14	394,06	336,60	370,35	342,70	347,92	667,80	352,13	284,00	282,24	-	363,78	
	Despesa de exploração por economia	R\$/ano/econ	304,37	201,25	318,97	318,01	402,30	484,09	403,31	400,08	420,75	498,52	426,13	705,83	428,57	372,82	369,05	371,32	297,48	579,31	125,82	212,12	168,74	-	284,17	
	Cobertura dos custos	%	122,13	71,33	116,57	117,37	141,93	179,56	108,48	114,20	116,22	180,42	109,57	211,24	108,76	110,76	99,65	108,35	85,50	86,75	35,73	74,69	59,79	-	78,12	
	Índice de perdas faturamento	%	27,60	31,72	26,97	26,08	40,42	35,79	32,39	33,16	37,08	11,96	33,20	40,98	31,91	29,34	34,78	35,16	33,36	21,96	23,07	22,87	26,10	35,59	11,63	
Indicador de desempenho financeiro	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97,69	198,70	133,90	103,70	-	86,23		
QUALIDADE DO SERVIÇO	Investimento unitário em infraestrutura	R\$/m³	0,07	0,07	0,21	0,08	0,32	0,04	0,38	0,00	0,38	0,39	0,38	0,32	0,16	0,64	0,14	0,15	0,05	-	-	-	-	-	-	
	Duração média das paralisações	hora				10,00					9,00		13,33			11,55		9,00	13,45		6,50	6,10	10,00			
	Índice de economias atingidas em média	%				52					57		58			77		98	-	-	-	-	-	-	-	
	Duração média das intermitências	hora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	780,00	0,00	0,00	10,54				3,85		
	Extravasamentos de esgotos / extensão de rede	extr./km					2,79		4,59	0,00	0,02	0,00	12,73	8,86		0,00	6,80	0,00		10,49				0,20	0,81	
	Reclamações de serviço por ramal (nº reclamações/1000 ramais/ano)	recl/mil ramais	-	-	-	-	6,97	-	69,74	-	0,05	-	30,17	102,78	-	-	29,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Atendimento de reclamações e solicitações	%					100		100		100		85	100			96			-	-	-	-	-	-	
Tempo médio por serviço executado	hora					7,92		0,43		0,90		0,81	0,36			3,76			31,64	0,72		2,07		93,30		

## APÊNDICE F – DADOS DOS SAAs DO ESTUDO DE CASO

### ALEXÂNIA / GO

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
QUALIDADE DA ÁGUA E QUANTIDADE OFERTADA	1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	100,0	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000	0,724
	2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	7,0	< 11 a 6	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,438	
	3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	100,0	≥ 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	13,0	100 a 11	RUIM	0,00 a 0,25	0,244	
	5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	100,0	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	0,0	2 a 0	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	Sim	(+)				
	9	População total atendida (%)	100	> 95 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	7,16	0 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,023	

CRITÉRIOS	INDICADOR		DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
	11	Consumo per capita (l/hab/dia)	122,09	< 140 a 110	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,658	
OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> )	1,08	< 1,51 a 0,76	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,642	0,562
	13	Há bombeamento nas horas de pico?	Sim	(-)	RUIM	-	0,125	
	14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	100	> 90 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	15	Ligações não micromedidas (%)	5,94	< 11 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,852	
	16	Macromedição longitudinal do SAA	Entrada e saída da ETA. Rede não setorizada.	-	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	17	Horas extraordinárias (%/mês)	4,63	< 5 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,539	
	18	Economias por empregado (econ. / empregado)	567,42	1000 a 500 ou 0 a 100	RUIM	0,00 a 0,25	0,217	
	19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	63,64	> 40 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,895	
	20	Pessoal com formação universitária (%)	31,82	0 a 50	RUIM	0,00 a 0,25	0,159	

CRITÉRIOS	INDICADOR		DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano) - colocar em manutenção.	90	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,896	0,642
	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)	100	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)	85	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,844	
	24	Índice infraestrutural de fugas (-)	6,36	< 10 a 5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,686	
	25	Perdas na distribuição (%)	27,35	< 30 a 15	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,297	
	26	Idade média dos hidrômetros (ano)	5	< 8 a 5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,750	
	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	20	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,200	
	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	Não, pois não há insuficiência hídrica nem estrutural no sistema.	-	BOM	-	0,875	
	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações /ano)	14,4	< 30 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,130	
	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	100	> 90 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	

CRITÉRIOS	INDICADOR		DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)	100	100 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	0,386
	32	Disponibilidade hídrica (-)	0,63	1,00 a 0,50	RUIM	0,00 a 0,25	0,189	
	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)	0,00	0 a 5	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	
	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária	Sim	-	BOM	-	0,875	
	35	Existência de alternativas para a captação	Sim	-	BOM	-	0,875	
	36	Há reservação monitorada à montante da captação?	Não	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial	Não	(+)				
	38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?	Sim	(-)				
	39	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).	Não	(+)				

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO	40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	10,10	> 10 a 20	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500	0,412
	41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	0,44	0 a 1	SATISFATÓRIO	0,00 a 0,25	0,110	
	42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	Não	(-)	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?	Sim	(+)				
	44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?	Não	(-)				
	45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?	Sim	(+)				
	46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?	Não	(-)				
	47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?	Sim	(+)				
	48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	Sim	(+)				

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	49	Licença ambiental	Não tem licença de operação.	-	RUIM	-	0,125	0,472
	50	Outorga para o uso da água	Regular com atendimento das condicionantes.	-	BOM	-	0,875	
	51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?	Não há unidade de proteção no manancial	-	RUIM	-	0,125	
	52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	Sim. Vigia e cerca	-	BOM	-	0,875	
	53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial	Sim. Atividades de nível médio.	-	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	Não há estradas	-	BOM	-	0,875	
	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	Não	-	BOM	-	0,875	
	56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	Sim	(-)	RUIM	-	0,125	
	57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?	Sim	(+)				
	58	O lodo é disposto adequadamente?	Não	(-)				
	59	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?	Não	(-)				
	60	População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)	0	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	4,03	10 a 3,6	RUIM	0,00 a 0,25	0,233	0,458
	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	1,59	< 2,10 a 1,50	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,466	
	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	0,70	5,00 a 0,54	RUIM	0,00 a 0,25	0,241	
	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	1,74	5,0 a 1,06	RUIM	0,00 a 0,25	0,207	
	65	Cobertura dos custos (%)	98,78	100 a 90	RUIM	0,00 a 0,25	0,031	
	66	Razão de solvência (-)						
	67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)	3,91	5,0 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,614	
	68	Reinvestimento em infraestrutura (%)	760,57	> 30 a 100 ou mais	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	69	Há plano de investimento?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	Sim	(+)				

LUZIÂNIA / GO

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
QUALIDADE DA ÁGUA E QUANTIDADE OFERTADA	1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	100,0	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000
	2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	2,0	< 6 a 2	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,750
	3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	98,0	> 95 a 99	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,688
	4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	7,0	< 11 a 6	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,438
	5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	95,0	> 95 a 99	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500
	6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	1,0	< 2 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,750
	7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	sim	(+)	BOM	-	0,875
	8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	sim	(+)			
	9	População total atendida (%)	86,1	> 80 a 90	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,403
	10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	0,85	0 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,003
	11	Consumo per capita (l/hab/dia)	100,8	< 110 a 0	BOM	0,75 a 1,00	1,000

0,641

CRITÉRIOS		INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> )	0,17	< 0,76 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,943	0,580
	13	Há bombeamento nas horas de pico?	Sim	(-)	RUIM	-	0,125	
	14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	85	> 70 a 90	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,684	
	15	Ligações não micromedidas (%)	10	< 11 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,750	
	16	Macromedição longitudinal do SAA	Entrada e saída da ETA	-	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	17	Horas extraordinárias (%/mês)	2,74	< 5 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,735	
	18	Economias por empregado (econ. / empregado)	440,90	< 500 a 300	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,324	
	19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	69,70	> 40 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,934	
	20	Pessoal com formação universitária (%)	20,20	0 a 50	RUIM	0,00 a 0,25	0,100	
MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)	100	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,896	0,524
	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)	30	> 25 a 50	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,292	
	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)	26,67	> 25 a 50	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,257	
	24	Índice infraestrutural de fugas (-)	39,74	200 a 30	RUIM	0,00 a 0,25	0,236	
	25	Perdas na distribuição (%)	39	100 a 30	RUIM	0,00 a 0,25	0,221	
	26	Idade média dos hidrômetros (ano)	4	< 5 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,750	
	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	0	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	
	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	Já ocorreu, porém raramente, em condições atípicas.	-	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações /ano)	4,4	< 30 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,963	
	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	100	< 90 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	

CRITÉRIOS		INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)	100	100 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	0,438
	32	Disponibilidade hídrica (-)	0,35	< 0,35 a 0,20	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500	
	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)	0	0 a 5	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	
	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária	Sim	-	BOM	-	0,875	
	35	Existência de alternativas para a captação	sim	-	BOM	-	0,875	
	36	Há reservação monitorada à montante da captação?	Não	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial	Não	(+)				
	38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?	Sim	(-)				
	39	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).	Não	(+)				
PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO	40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	10,10	> 10 a 20	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500	0,495
	41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	0,44	0 a 1	SATISFATÓRIO	0,00 a 0,25	0,110	
	42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?	Sim	(+)				
	44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?	Sim	(+)				
	45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?	Sim	(+)				
	46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?	Sim	(+)				
	47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?	Sim	(+)				
	48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	Sim	(+)				

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	49	Licença ambiental	Não tem de operação, pois não trata o lodo.	-	RUIM	-	0,125
	50	Outorga para o uso da água	Regular - atende as condicionantes	-	BOM	-	0,875
	51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?	Bacia contribuinte não pertence a unidade de proteção	-	RUIM	-	0,125
	52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	Sim. Vigia, cerca e placa.	-	BOM	-	0,875
	53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial	Sim. Atividades de risco alto de poluição.	-	RUIM	-	0,125
	54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	Há estrada sem contenção	-	BOM	-	0,875
	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	Não	-	BOM	-	0,875
	56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	Sim	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375
	57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?	Não. Há lançamento	(-)			
	58	O lodo é disposto adequadamente?	Sim	(+)			
	59	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?	Sim	(+)			
60	População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)	18,5	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,185	
							0,535

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	6,93	10 a 3,6	RUIM	0,00 a 0,25	0,250	0,458
	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	3,89	< 1,50 a 0,72	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,503	
	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	0,79	5,00 a 0,54	RUIM	0,00 a 0,25	0,221	
	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	2,24	5,0 a 1,06	RUIM	0,00 a 0,25	0,207	
	65	Cobertura dos custos (%)	0,60	< 90 a 60	BOM	0,75 a 1,00	0,997	
	66	Razão de solvência (-)						
	67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)	3,91	< 5,0 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,614	
	68	Reinvestimento em infraestrutura (%)	-5,66					
	69	Há plano de investimento?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	Sim	(+)				

**SANTO ANTÔNIO DO DESCOBERTO / GO**

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
QUALIDADE DA ÁGUA E QUANTIDADE OFERTADA	1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	100,00	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000	0,624
	2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	0,00	1 a 0	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	100,00	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	40,00	100 a 11	RUIM	0,00 a 0,25	0,169	
	5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	95,00	> 95 a 99	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500	
	6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	10,00	< 11 a 6	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,250	
	7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	Sim	(+)				
	9	População total atendida (%)	93,00	> 90 a 95	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,625	
	10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	1,34	0 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,007	
	11	Consumo per capita (l/hab/dia)	100,37	< 110 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,817	

CRITÉRIOS	INDICADOR		DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> )	0,78	< 1,51 a 0,76	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,743	0,498
	13	Há bombeamento nas horas de pico?	Sim	(-)	RUIM	-	0,125	
	14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	90,00	> 70 a 90	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,750	
	15	Ligações não micromedidas (%)	4,43	< 11 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,889	
	16	Macromedição longitudinal do SAA	Só na saída da ETA	-	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	17	Horas extraordinárias (%/mês)	3,91	< 5 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,614	
	18	Economias por empregado (econ. / empregado)	502,28	1000 a 500 ou 0 a 100	RUIM	0,00 a 0,25	0,249	
	19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	36,11	> 30 a 40	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,642	
	20	Pessoal com formação universitária (%)	19,44	0 a 50	RUIM	0,00 a 0,25	0,097	

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)	90,00	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,896
	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)	100,00	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000
	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)	33,33	> 25 a 50	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,326
	24	Índice infraestrutural de fugas (-)	152,25	200 a 30	RUIM	0,00 a 0,25	0,070
	25	Perdas na distribuição (%)	29,00	< 30 a 15	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,268
	26	Idade média dos hidrômetros (ano)	7,00	7 a 5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500
	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	2,50	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,025
	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	Não, pois não há insuficiência hídrica nem estrutural no sistema.	-	BOM	-	0,875
	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações /ano)	33,09	< 50 a 30	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,723
	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	100,00	> 90 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000
							0,568

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)	72,50	< 80 a 60	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,349	0,746
	32	Disponibilidade hídrica (-)	0,21	< 0,35 a 0,21	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,750	
	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)	13,34	> 8	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária	Capacidade acima quantidade/qualidade demandada	-	BOM	-	0,875	
	35	Existência de alternativas para a captação	Produção pode ser suprida por outro manancial ou sistema.	-	BOM	-	0,875	
	36	Há reservação monitorada à montante da captação?	Sim	(+)	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial	Não	(+)				
	38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?	Sim	(-)				
	39	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).	Não	(+)				

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI			
PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO	40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	10,10	> 10 a 20	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500			
	41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	0,44	0 a 1	RUIM	0,00 a 0,25	0,110			
	42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	Sim	(+)	BOM	-	0,875			
	43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?	Não	(-)						
	44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?	Não	(-)						
	45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?	sim	(+)						
	46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?	sim	(+)						
	47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?	sim	(+)						
	48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	sim	(+)						
										0,495

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	49	Licença ambiental	Não tem licença de operação.	-	RUIM	-	0,125	0,646
	50	Outorga para o uso da água	Regular com atendimento das condicionantes.	-	BOM	-	0,875	
	51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?	Apenas 150m de faixa de margem do rio. Menos de 50% da bacia.	-	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	Sim. Vigia e cercada.	-	BOM	-	0,875	
	53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial	Sim. Atividades de nível médio.	-	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	Não há estrada.	-	BOM	-	0,875	
	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	Inexistem estruturas e lançamento na captação	-	BOM	-	0,875	
	56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	Não	(+)	BOM	-	0,875	
	57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?	Sim	(+)				
	58	O lodo é disposto adequadamente?	Sim	(+)				
	59	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?	Sim	(+)				
	60	Atendimento total de esgoto (%)	57,10	> 50 a 75	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,564	

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	3,60	10 a 3,6	RUIM	0,00 a 0,25	0,250	0,517
	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	1,49	< 1,50 a 0,72	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,503	
	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	0,38	< 0,39 a 0,19	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,500	
	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	1,74	5,0 a 1,06	RUIM	0,00 a 0,25	0,207	
	65	Cobertura dos custos (%)	87,83	< 90 a 60	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,260	
	66	Razão de solvência (-)						
	67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)	3,91	< 5,0 a 2,5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,614	
	68	Reinvestimento em infraestrutura (%)	79,47	> 30 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,927	
	69	Há plano de investimento?	Sim	(+)	BOM	-	0,875	
	70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	Sim	(+)				

UNAÍ / MG

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
QUALIDADE DA ÁGUA E QUANTIDADE OFERTADA	1	Conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual (%/ano)	81,42	> 80 a 95	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,275
	2	Análises de cloro residual fora do padrão (%/ano)	0,61	< 2 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,848
	3	Conformidade da quantidade de amostra - Turbidez (%/ano)	68,91	0 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,218
	4	Análises de turbidez fora do padrão (%/ano)	2,51	< 6 a 2	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,708
	5	Conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais (%/ano)	119,34	> 99	BOM	0,75 a 1,00	1,000
	6	Análises de coliformes totais fora do padrão (%/ano)	2,00	< 6 a 2	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,750
	7	Há monitoramento do flúor na água de distribuição para verificação de alterações?	Sim	+	BOM	-	0,875
	8	Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?	Sim	+			
	9	População total atendida (%)	99	> 95 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,938
	10	População de baixa renda atendida pela tarifa social (%)	0	0 a 80	RUIM	0,00 a 0,25	0,000
	11	Consumo per capita (l/hab/dia)	200	500 a 169	RUIM	0,00 a 0,25	0,227
							0,584

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
OPERAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12	Consumo de energia elétrica no sistema por m <sup>3</sup> produzido (kWh/m <sup>3</sup> )	1,60	< 2,26 a 1,51	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,470	0,412
	13	Há bombeamento nas horas de pico?	Sim	(-)	RUIM	-	0,125	
	14	Extensão da rede operando em faixa de pressão ideal (%)	30	0 a 50	RUIM	0,00 a 0,25	0,150	
	15	Ligações não micromedidas (%)	25	< 36 a 21	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,429	
	16	Macromedição longitudinal do SAA	Entrada e saída ETA , saída poços	-	SATISFATÓRIO	NA	0,625	
	17	Horas extraordinárias (%/mês)	1,4	< 2,5 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,860	
	18	Economias por empregado (econ. / empregado)	235,20	> 200 a < 300	BOM	0,75 a 1,00	0,794	
	19	Pessoal relacionado à operação e manutenção (%)	11,24	0 a 20	RUIM	0,00 a 0,25	0,141	
	20	Pessoal com formação universitária (%)	23,60	0 a 50	RUIM	0,00 a 0,25	0,118	

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
MANUTENÇÃO E QUALIDADE DO SERVIÇO	21	Calibração de equipamentos do sistema (%/ano)	0	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,000	0,439
	22	Inspeção de grupos eletrobomba (%/ano)	100	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	1,000	
	23	Inspeção das adutoras e redes (%/ano)	30	> 25 a 50	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,292	
	24	Índice infraestrutural de fugas (-)	7,27	< 10 a 5	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,639	
	25	Perdas na distribuição (%)	30	< 30 a 15	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,250	
	26	Idade média dos hidrômetros (ano)	12 anos	100 a 10	RUIM	0,00 a 0,25	0,247	
	27	Reparações por controle ativo de fugas (%)	10	0 a 25	RUIM	0,00 a 0,25	0,100	
	28	Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida	Não há insuficiência hídrica nem estrutural.	-	BOM	-	0,875	
	29	Reclamações de serviço por ligação (nº reclamações/1000 ligações /ano)	545,88	1000 a 100	RUIM	0,00 a 0,25	0,126	
	30	Atendimento de reclamações e solicitações (%/ano)	94,92	> 90 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,859	

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CAPACIDADE INSTALADA	31	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)	62,50	< 80 a 60	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,480
	32	Disponibilidade hídrica (-)	0,03	< 0,2 a 0	BOM	0,75 a 1,00	0,963
	33	Saturação do Sistema Produtor (dias)	20,29	> 8	BOM	0,75 a 1,00	1,000
	34	Compatibilidade das instalações de tratamento quanto à quantidade e qualidade necessária	Compatível com vazão e qualidade água bruta captada.	-	BOM	-	0,875
	35	Existência de alternativas para a captação	Produção totalmente suprida por outro manancial ou sistema.	-	BOM	-	0,875
	36	Há reservação monitorada à montante da captação?	Não	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375
	37	Ocorrência de eutrofização ou contaminação do manancial	Não	(+)			
	38	Identifica-se processo de assoreamento no manancial utilizado?	Sim	(-)			
	39	Identifica-se problema de salinização no manancial? (associada ao tempo de permanência e circulação no aquífero).	Não	(+)			
							0,761

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
PLANEJAMENTO / POTENCIAL DE ANTECIPAÇÃO	40	Pessoal relacionado ao planejamento, projeto, construção dos sistemas (%)	3,37	0 a 5	RUIM	0,00 a 0,25	0,169	0,265
	41	Pessoal ligado à gestão dos recursos hídricos e origens da água (nº)	1,00	0 a 1	RUIM	0,00 a 0,25	0,250	
	42	Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?	Não	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375	
	43	Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?	Não	(-)				
	44	Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?	Não	(-)				
	45	Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?	Sim	(+)				
	46	Há medidas e incentivos para a redução do desperdício de água pelo consumidor final?	sim	(+)				
	47	Há algum monitoramento do uso e ocupação do solo na bacia ou cadastro de atividades?	Não	(-)				
	48	Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?	sim	(+)				

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI
PROTEÇÃO E RESPEITO ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS	49	Licença ambiental	Licença de operação regularizada e sem condicionantes a cumprir.	-	BOM	-	0,875
	50	Outorga para o uso da água	Outorga regularizada e sem condicionantes a cumprir.	-	BOM	-	0,875
	51	A bacia de drenagem do manancial está integral ou parcialmente inserida em unidade de proteção ambiental?	Não	-	RUIM	-	0,125
	52	Há proteção ao manancial (placa, cerca, vigilância etc.)?	Placa, cerca e vigia	-	BOM	-	0,875
	53	Presença de atividades potencialmente poluidoras na bacia do manancial	Sim. Atividades de nível médio.	-	INSATISFATÓRIO	-	0,375
	54	Presença e situação de estradas nas proximidades da captação (contenção de sedimentos e chuva ou ocorrência de acidentes com contaminantes)	Não há estrada.	-	BOM	-	0,875
	55	Presença de interceptores e elevatórias de esgoto na bacia de drenagem do manancial	Não há interceptores nem elevatórias	-	BOM	-	0,875
	56	Há pontos potencialmente contaminantes próximos à captação da água (fossas, currais, pocilgas, granjas, cemitérios, postos de gasolina, lixões ou áreas de pastagens)?	Sim	(-)	INSATISFATÓRIO	-	0,375
	57	Bacia de drenagem do manancial adequada e sem ponto de lançamento de águas pluviais à montante da captação?	Sim	(+)			
	58	O lodo é disposto adequadamente?	Não	(-)			
	59	Há fiscalização contra o lançamento clandestino de esgoto no manancial?	sim	(+)			
60	População usuária de abastecimento público, atendida pelo esgotamento sanitário (%)	91,5	> 75 a 100	BOM	0,75 a 1,00	0,911	0,685

CRITÉRIOS	INDICADOR	DADO BRUTO	INTERVALO RESPOSTA	ESTADO	INTERVALO ELECTRE TRI	ESCALA TRANSFORMADA	MÉDIA ELECTRE TRI	
CAPACIDADE DE COBERTURA DOS CUSTOS E INVESTIMENTOS	61	Custos totais de exploração por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	2,13	< 2,6 a 1,3	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,577	0,453
	62	Custos com pessoal total por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	0,97	< 1,50 a 0,72	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,670	
	63	Custos com energia elétrica por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	0,24	< 0,39 a 0,19	SATISFATÓRIO	0,50 a 0,75	0,684	
	64	Outros custos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	1,82	5,0 a 1,06	RUIM	0,00 a 0,25	0,203	
	65	Cobertura dos custos (%)	83,6	< 90 a 60	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,297	
	66	Razão de solvência (-)	10,29					
	67	Capacidade de pagamento da população atendida (grau de sustentabilidade social) (%)	19,34	30 a 10	RUIM	0,00 a 0,25	0,134	
	68	Reinvestimento em infraestrutura (%)	12,96	> 7,5 a 15,0	INSATISFATÓRIO	0,25 a 0,50	0,431	
	69	Há plano de investimento?	Sim	(+)	SATISFATÓRIO	-	0,625	
	70	Há metas e medidas para a redução de despesas de exploração sem perda de qualidade e eficiência?	Não	(-)				

## APÊNDICE G – INDICADORES NÃO INCLUSOS

INDICADOR	JUSTIFICATIVA
Quantidade de interrupções ocorridas sem o prévio aviso à população	Muito interessantes para a aferição da qualidade do serviço, problemas de escassez de água e satisfação da população, porém não são devidamente registrados pelas operadoras do serviço. Segundo SNIS (2013), há ocultamento desse dado, entendimento insatisfatório do seu conceito e utilidade ou há dificuldade de registro, tornando-os não fidedignos. Além disso, registra-se, muitas vezes, nesses indicadores, a falta de água ocorrida em decorrência de problemas no fornecimento de energia elétrica, os quais fogem ao controle dos operadores dos SAAs. Desse modo, considerou-se que o indicador “Emprego de manobras hidráulicas para o abastecimento da população atendida” responde de forma mais simplificada e fidedigna à questão.
Duração das interrupções e paralisações	
Frequência de interrupções e paralisações	
População ou economias atingidas pelas interrupções e paralisações	
Regularidade do abastecimento	
Tempo de resposta médio das reclamações	
Domicílios não atendidos localizados em pontos possíveis de atendimento pela rede existente ou por simplificadas ampliações da mesma (%)	Tal ocorrência, normalmente, é devida à opção de moradores de continuarem com o sistema antigo: cisterna, poço etc., não podendo atribuir-se "culpa" ao operador do SAA. Outro empecilho à inclusão deste indicador refere-se à dificuldade de mensurar uma quantidade de domicílios não atendidos como aceitável (definição da escala) – já que o ideal é a não existência de casas sem atendimento – e de estabelecer, objetivamente, os aspectos que definem os pontos possíveis de atendimento.
Volume de água disponibilizado por economia (m <sup>3</sup> /mês/econ)	É o mesmo cálculo utilizado para o per capita acrescido das perdas, sendo redundante aos indicadores de consumo per capita e de perdas.
Perdas de água por comprimento de tubulação (m <sup>3</sup> /km/dia)	Redundante ao indicador “Perdas na distribuição (%)” e menos confiável que esse por depender da densidade da rede.
Substituição de válvulas (%)	As válvulas duram muitos anos, podendo chegar a 25 anos ou mais.
Há monitoramento continuado do sistema à montante e à jusante do tratamento?	Considerou-se que o indicador “Há inspeção periódica da qualidade da água nas pontas de rede?” o substitui satisfatoriamente.
Há programa de desassoreamento e manutenção da limpeza e desobstrução dos leitos dos rios?	Normalmente, esta ação seria muito dispendiosa ao SAA para pouco aproveitamento, embora alguns SAAs pratiquem o desassoreamento na área da captação, dependendo, estritamente, de suas condições operacionais.

INDICADOR	JUSTIFICATIVA
Há programa de reflorestamento de áreas com maior risco de arrastamento de sedimentos?	Além de ser muito dispendioso ao SAA para o baixo aproveitamento, na maioria dos casos, pode ser necessária a aquisição de terras para que se possa realizar o reflorestamento, o que inviabiliza a adoção da prática.
Há metas, medidas e incentivos para a reutilização da água?	Considerando a reutilização dentro do SAA, o indicador embute-se no “Há metas e medidas para a redução de perdas de água no sistema?”. Considerando-se a reutilização fora do SAA, os riscos associados e a ausência de padronização e controle do reuso ainda podem acarretar mais prejuízos que benefícios. Além disso, o despreparo dos sistemas prediais existentes nos dias atuais torna seu emprego demasiadamente dispendioso.
Há prevenção contra inundações no manancial e captação?	Normalmente, as inundações não causam sérios problemas à captação e à qualidade do tratamento da água, pois a diluição compensa o aporte extra de contaminantes carreados ao manancial. Quando o nível d’água costuma variar sazonalmente, adotam-se duas captações: a de tempo seco e a de tempo chuvoso. Em inundações fora do esperado, ocorre a paralisação da captação até que o nível d’água se normalize e não impeça o funcionamento das instalações, mas isto é imprevisível e ocorre com frequência muito baixa.
O lodo gerado é tratado?	Redundante com o indicador “O lodo é disposto adequadamente?”, pois para que o descarte seja adequado é preciso trata-lo prioritariamente.
Custos com produtos químicos por m <sup>3</sup> faturado (R\$/m <sup>3</sup> /ano)	São ínfimos em relação ao custo total de exploração do serviço. As parcelas mais robustas são os custos com pessoal e com energia.
Água não faturada em termos de volume (%)	Mascara as perdas por, normalmente, no Brasil, adotar-se estimativa para a cobrança de consumos não medidos, ou seja, o volume de água faturada embute uma parcela que foi estimada pela existência de problema nos hidrômetros. É comum adotar-se um volume pré-fixado considerado o consumo mínimo, o que torna o volume de água não faturada pouco fidedigno para apresentar as condições do SAA.
Água que recircula no processo de tratamento (%) (era de operação)	Embora interessante para verificar o nível de preocupação ambiental existente no SAA, a recirculação praticamente só ocorre nas ETA com filtração e representa uma parcela muito pequena de toda a vazão que é tratada. O baixo nível de macro medição também é um fator que dificulta sua aferição.
Água perdida no tratamento (%)	Segundo um engenheiro com vasta experiência na operação de SAA que participou do formulário <i>online</i> , esta perda fica entre 3 e 5%. O baixo nível de macro medição também é um fator que dificulta sua aferição.

INDICADOR	JUSTIFICATIVA
Recuperação e substituição de tubulações (%)	Os serviços de restauração e substituição de tubulações e ramais, normalmente, ocorrem à medida que surgem problemas com tais estruturas. O percentual maior ou menor da realização desses consertos pouco diz a respeito do zelo que se tem sobre o SAA, pois um número elevado de reparos e substituições pode indicar apenas que a rede possui idade avançada ou que o material empregado foi inadequado. Já o baixo percentual dessa atividade pode tanto representar o bom estado do sistema quanto a baixa manutenção dada.
Restauração de ramais (%)	
Recuperação e substituição de grupos eletrobomba (%/ano)	
Há programa emergencial para controle dos riscos de recontaminação da água tratada?	Satisfatoriamente substituído pelos indicadores: “Há manuais de ações emergenciais / treinamento com descrição clara de ações e responsáveis para responder a situações adversas?”; “Há limites críticos preestabelecidos que indicam alerta e adoção de algum procedimento?”; “Há a identificação de pontos críticos do sistema dotados de by-pass para os casos de emergência?” e “Há disponibilidade de equipamentos e insumos sobressalentes para situações emergenciais?”, que o detalham.
Investimento unitário em infraestrutura (R\$/m <sup>3</sup> )	O resultado encontrado para os municípios da RIDE entre 0,00 a 0,64 pouco dizem a respeito do valor ideal a ser praticado pelos operadores (dificuldade para compor uma escala). Além disso, o indicador “Reinvestimento em infraestrutura (%)” já aborda a questão do investimento na infraestrutura.
Investimentos onerosos sobre investimentos totais (%/ano)	A ideia era levantar a dependência do operador de capital alheio para a realização de investimentos. No entanto, esta relação não é muito significativa em termos dos índices financeiros consagrados, como a razão de solvência que vai mais além informando a capacidade que a empresa tem de liquidar suas dívidas pela aquisição de crédito (capital alheio).
Investimentos não onerosos (públicos) sobre próprios (%/ano)	O indicador objetiva medir o grau de dependência do serviço com relação aos recursos públicos. Embora quanto mais autossustentável for o serviço, melhor, não há um percentual recomendável definido para este indicador. Por envolver um bem essencial à vida, nos casos em que haja dificuldade na prestação do abastecimento de água, o poder público deve interferir de modo a garantir a universalização do seu acesso, conforme Lei 11.445/2007. Dados divulgados pelo Ministério da Saúde afirmam que para cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$4,00 na área de medicina curativa.