



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

CINTHYA KAREN ASSUNÇÃO DO ROSÁRIO DUARTE

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTINGA – BOLONHA –
SETOR GUANABARA**

**BELÉM
2018**

CINTHYA KAREN ASSUNÇÃO DO ROSÁRIO DUARTE

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTINGA – BOLONHA –
SETOR GUANABARA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Hídrica.

Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

BELÉM
2018

CINTHYA KAREN ASSUNÇÃO DO ROSÁRIO DUARTE

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTINGA – BOLONHA –
SETOR GUANABARA**

Data de aprovação: _____ / _____ / 2018

Banca Examinadora:

_____ - Orientador

José Almir Rodrigues Pereira
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Universidade Federal do Pará

_____ - Membro Interno

Lindemberg Lima Fernandes
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Universidade Federal do Pará

_____ - Membro Externo

Heber Pimentel Gomes
Doutorado em Ingeniería Civil
Universidade Federal da Paraíba

DEDICATÓRIA

*Á toda minha família pela base e estrutura
que permitiram chegar até essa
importante etapa da vida.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo seu imenso amor e pela presença constante em minha vida. Cada dia mais tenho certeza que a maior vitória do mundo é a nossa fé.

Aos meus pais, Luiz Duarte e Margareth do Rosário que foram indispensáveis para que essa etapa fosse concluída, com certeza foram os meus maiores incentivadores.

Aos meus irmãos Luiz Duarte Junior e Lívia Duarte que sempre torceram pelo meu sucesso.

Aos familiares e amigos, pela compreensão dos momentos que tive que estar longe para me dedicar ao trabalho.

À Tia Antônia que me acolheu em sua casa aqui em Belém e cuidou de mim como uma filha, serei eternamente grata.

Aos amigos do Laboratório de Eficiência Hidráulica e Energética – LENHS, da Universidade Federal do Pará, pela amizade, colaboração e ajuda nesses dois anos, em especial a Francisca Nara Moreira por toda amizade, carinho e apoio a mim dedicados.

Ao professor José Almir Rodrigues Pereira, por aceitar o desafio de conduzir esse trabalho comigo e por toda contribuição.

Aos amigos Fábio Pereira, Marcos Rebelo e Raynner Lopes grandes incentivadores pessoais e que contribuíram muito para meu crescimento profissional.

E à todos aqueles que, indiretamente contribuíram para elaboração deste trabalho. À todos deixo aqui meus eternos agradecimentos.

RESUMO

Água e energia são dois dos recursos mais importantes associados à sustentabilidade de municípios, regiões e países. Dentro desse contexto este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência hidroenergética em sistemas de abastecimento de água. A pesquisa foi realizada em três etapas, tendo como área de estudo o setor Guanabara do SAA Utinga – Bolonha, localizado no município de Ananindeua/PA. Inicialmente foram obtidos dados operacionais e comerciais em documentos técnicos e realizadas visitas de campo. Em seguida, os dados levantados foram sistematizados e detalhados por unidade e grupo de unidades. Na última etapa foi empregada a matriz SWOT para analisar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças para a eficiência hidroenergética no setor Guanabara. Nos resultados foi verificado que grande parte do volume de água bombeado é perdido em vazamentos e/ou ligações clandestinas ou encaminhado para outras áreas. Também foi constatado o grande consumo de energia elétrica nos CMBs nos horários de ponta de tarifação, o que eleva as despesas e reduz a eficiência hidroenergética no setor Guanabara. Com a análise SWOT foi possível observar que, mesmo no atual cenário desfavorável, o SAA Utinga – Bolonha – Setor Guanabara pode alcançar índice de sustentabilidade hidroenergética adequado, desde que implementadas ações nos ambientes interno e aproveitadas as oportunidades no ambiente externo. Na pesquisa foi observado que o detalhamento dos dados é importante, bem como que a matriz SWOT pode ser utilizada para a análise da eficiência hidroenergética de sistemas de abastecimento de água.

Palavras – chave: Eficiência Hidroenergética, Matriz SWOT e Energia elétrica.

ABSTRACT

Analyze the Hydroenergetic Efficiency in Water Supply Systems. The research was carried out in three stages, having as study area the Guanabara sector of SAA Utinga - Bologna, located in the municipality of Ananindeua / PA. Initially, operational and commercial data were obtained in technical documents and field visits were carried out. Then, the data collected were systematized and detailed by unit and group of units, as recommended by Pereira and Condurú (2014). In the last step, the SWOT matrix was used to analyze the strengths, weaknesses, opportunities and threats to hydroenergy efficiency in the Guanabara sector. In the results it was verified that much of the volume of pumped water is lost in leaks and / or clandestine connections or routed to other areas. It was also verified the great consumption of electric energy in the CMBs in the peak times of charging, which raises expenses and reduces the hydroenergetic efficiency in the Guanabara sector. With the SWOT analysis, it was possible to observe that, even in the current unfavorable scenario, the SAA Utinga - Bologna - Sector Guanabara can reach adequate hydroenergetic sustainability index, provided that actions are implemented in the internal environments and the opportunities in the external environment are taken advantage of. In the research it was observed that the detail of the data is important, as well as that the SWOT matrix can be used for the analysis of the hydroenergetic efficiency of water supply systems.

Keywords: Hydroenergetic Efficiency, SWOT Matrix and Electric Energy.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Dados de perdas nas capitais do Brasil.	30
Quadro 2. Causas das Perdas de Faturamento.	35
Quadro 3. Aspectos abordados nas perdas de água.	39
Quadro 4. Índice total de perdas de água por região.	40
Quadro 5. Perdas de água nas unidades do SAA.	43
Quadro 6. Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. ...	54
Quadro 7. Balanço Hídrico proposto pela IWA para sistemas de abastecimento de água.	57
Quadro 8. Dados de volume de água por unidade e Grupo do SAA.	64
Quadro 9. Dados de volume de água no SAA.	65
Quadro 10. Consumo de energia elétrica por horário de funcionamento da unidade do SAA.	66
Quadro 11. Dados de despesa de energia elétrica por unidade do SAA.	67
Quadro 12. Dados de energia elétrica que foram monitorados e registrados no SAA.	68
Quadro 13. Análise geral dos fatores internos e externos.	75
Quadro 14. Dados de volume de água por unidade e Grupo do SAA.	81
Quadro 15. Dados de volume de água no Setor Guanabara.	82
Quadro 16. Consumo e Despesas de energia elétrica por unidade do SAA.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de um sistema de abastecimento de água.....	21
Figura 2. Unidades do SAA em que ocorrem perdas de água.	42
Figura 3. Localização do setor Guanabara no município de Ananindeua.	61
Figura 4. Matriz de SWOT.....	69
Figura 5. Exemplo da Planilha de Análise SWOT.	70
Figura 6. Exemplo da Planilha de Análise SWOT – Cadastro.....	71
Figura 7. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Fatores Internos.....	71
Figura 8. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Fatores Externos.....	72
Figura 9 Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Classificação e Pontuação.....	73
Figura 10. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Matriz SWOT.....	73
Figura 11. Exemplo da Planilha de Análise SWOT – Dashboards.....	74
Figura 12. Exemplo dos resultados da planilha de análise SWOT.....	75
Figura 13. Componentes do Setor Guanabara.....	78
Figura 14. Fatores fortes da matriz SWOT.....	92
Figura 15 Fraquezas da matriz SWOT.....	95
Figura 16 Oportunidades da matriz SWOT.	98
Figura 17. Ameaças da matriz SWOT.....	100
Figura 18. Índice de Favorabilidade.	100
Figura 19. Índice geral dos fatores internos e externos.....	101

LISTA DE SIGLAS

AB – Água Bruta

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

AWWA – American Water Works Association

COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará

EAB – Elevatória de Água Bruta

EAT – Elevatória de Água Tratada

ETA – Estação de Tratamento de Água

IWA - International Water Association

SAA – Sistemas de Abastecimento de Água

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SNIS - Serviço Nacional de Informação em Saneamento

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE SIGLAS	X
SUMÁRIO.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA).....	19
3.1.1 Gestão dos Sistemas de abastecimento de água.....	23
3.1.1.1 <i>Gestão Operacional</i>	26
3.1.1.2 <i>Gestão Comercial</i>	32
3.1.1.2.1 Despesas de Exploração em Sistemas de Abastecimento de Água	32
3.1.1.2.2 Faturamento e Arrecadação	34
3.2 VOLUME PERDIDO DE ÁGUA	37
3.3 EFICIÊNCIA HIDROENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	51
3.3.1 Avaliação da Eficiência Hidroenergética.....	52
3.3.1.1 <i>Balanco Hídrico da IWA</i>	55
4. MATERIAIS E MÉTODOS	60
4.1 ÁREA DE ESTUDO	60
4.2 ETAPAS DO TRABALHO	62
Etapa 1:Levantamento de Dados.....	63
Etapa 2 – Detalhamento do desempenho hidroenergético no SAA Utinga – Bolonha –Guanabara	63
Fase 1:Detalhamentodos dados de volume de água por Pereira e Condurú (2014).64	
Fase 2 –Detalhamento do consumo e da despesa de energia elétrica.....	66
Etapa 3:Aplicação da matriz SWOT para análise do desempenho hidroenergético do sistema abastecimento de água no setor Guanabara	68

5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	76
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	76
5.2	DETALHAMENTO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO NO SAA UTINGA – BOLONHA – GUANABARA.....	80
	Fase 1: Detalhamento dos dados de volume de água por Pereira e Condurú (2014) 81	
	Fase 2 – Detalhamento do consumo e da despesa de energia elétrica.....	86
5.3	APLICAÇÃO DA MATRIZ SWOT PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DO SISTEMA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO SETOR GUANABARA.....	89
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	103
	REFERÊNCIAS.....	104

1. INTRODUÇÃO

Água e energia são dois dos recursos mais importantes associados à sustentabilidade de municípios, regiões e países. Segundo Baños *et al.* (2011), água e energia são insumos vitais para as questões sociais e econômicas no desenvolvimento sustentável, o que ainda é de maior importância quando consideradas as interações entre esses recursos, já que a água é usada em vários processos de geração de energia, enquanto o tratamento e bombeamento de água exigem grandes quantidades de eletricidade.

No Plano Nacional de Eficiência Energética foi estimado em 9.812.457 MWh/ano o consumo de energia no setor de abastecimento de água, o que representava 2,6% do consumo total do país. Nesse plano foi apontado em 2,62 TWh o potencial técnico de recuperação de energia elétrica com a redução de perdas reais de água (BRASIL, 2011).

Assim, os prestadores dos serviços de abastecimento de água precisam diminuir os valores dos volumes perdidos de água e das despesas de energia elétrica, pois, para cada metro cúbico poupado, existe a possibilidade de atendimento de novos usuários. Segundo dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto do Brasil (SNIS, 2016), o valor médio das perdas na distribuição de água nos sistemas brasileiros foi de 36,7% em 2016, valor muito superior ao observado no Japão (inferior a 10%) e em alguns países europeus (inferior a 15%).

Na Lei 11.445/2007, referente à Política Nacional de Saneamento Básico, foi estabelecido o uso racional de água e de energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados.

Gomes (2010) comenta que as perdas físicas de água proporcionam inúmeros prejuízos aos sistemas de abastecimento: desperdício de elementos químicos, de energia elétrica, de mão de obra, além de afetar a disponibilidade hídrica dos mananciais. Estes prejuízos se traduzem diretamente em gastos desnecessários que oneram mais ainda o custo de produção de água. Por outro lado, às perdas não físicas, correspondentes às vazões consumidas e que não são faturadas, por problemas de gestão operacional, acarretam, também, prejuízos econômicos significativos às empresas de saneamento.

Como o grande volume perdido de água resulta em desperdício de energia elétrica, são exigidas ações para melhorar a prestação dos serviços de abastecimento de água, mas especificamente no bombeamento e no tratamento de água.

Santos (2010) comenta que as falhas na gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs), principalmente em relação ao volume perdido de água e ao consumo e despesa de energia elétrica, representam cerca de 50% do volume produzido de água nos SAAs. Isso é influenciado pelo uso excessivo de água na limpeza das unidades, com maior incidência no tratamento e bombeamento de água; rupturas nas tubulações e ligações clandestinas.

Ao minimizar as perdas dos sistemas, a necessidade de ampliação destes é menor, pois o volume de água produzido que não chega ao consumidor final passa a ser contabilizado e distribuído à população. Com isso, há maior conservação dos recursos naturais e queda nos custos associados na produção, distribuição de água, energia elétrica, mão de obra, menor incidência de racionamentos entre outros fatores, sendo esta a medida mais eficaz, econômica e rápida contra a crise que o Brasil está enfrentando (BELONI; PAPEL, 2015).

Para isso, a eficiência na gestão deve ser diretamente relacionada com a qualidade no atendimento e o equilíbrio financeiro da empresa. Quando a gestão não é eficiente, pode ocorrer racionamento, falta ou perda de água, o que reflete diretamente na arrecadação e no aumento das despesas do sistema.

Pereira e Condurú, (2014) ressaltam que a falta de detalhamento dos valores do consumo de energia elétrica no setor de saneamento prejudica o planejamento e as ações de eficiência energética na prestação dos serviços.

Nesse contexto é preciso considerar as informações hidroenergéticas como estratégicas para a gestão dos sistemas de abastecimento de água, porém essa ainda não é a realidade na maioria dos municípios brasileiros, o volume perdido de água ainda é pouco conhecido, pois em muitos casos, as informações operacionais são apenas estimadas e sem registro em bases de dados, o que dificulta o relacionamento com os valores de energia elétrica nos SAAs.

Com base na realidade descrita, é necessário analisar a utilização de métodos para controle do volume perdido de água e do consumo e despesa de

energia elétrica. Assim, a proposta do trabalho é observar, com base na metodologia SWOT e na metodologia proposta por Pereira e Condurú (2014), o desempenho hidroenergético do Sistema de Abastecimento de Água em escala real.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a situação atual e analisar alternativas para otimizar o desempenho hidroenergético do sistema de abastecimento de água do SAA Utinga – Bolonha - Guanabara.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Diagnosticar a atual situação operacional do sistema de abastecimento de água Utinga – Bolonha - Guanabara;
- II. Detalhar o desempenho hidroenergético do SAA Utinga – Bolonha - Guanabara com a aplicação da metodologia proposta por Pereira e Condurú (2014);
- III. Analisar o desempenho hidroenergético do setor de abastecimento de água do Guanabara, a partir da aplicação da matriz SWOT.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados temas referentes a Sistemas de Abastecimento de Água, enfocando os problemas dos volumes perdidos de água e de consumo e despesas de energia elétrica, buscando assim, uma gestão mais eficiente e sustentável para as companhias de saneamento.

3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)

Para Cheung *et al.* (2010), os sistemas de abastecimento de água são definidos como uma combinação de tubos, componentes hidráulicos (bombas e válvulas) e estruturas hidráulicas (reservatórios e estações de bombeamento) interconectados com propósito de produzir água de boa qualidade e transportar água tratada aos consumidores, em quantidade e qualidade satisfatória.

Segundo a Lei Federal nº 11.445/2007, regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, os serviços públicos de abastecimento devem ser prestados com eficiência e sustentabilidade econômica. O objetivo de qualquer entidade gestora de sistemas de abastecimento de água é pôr à disposição dos seus clientes a água de que eles necessitam com quantidade suficiente, qualidade apropriada, pressão adequada, ininterruptamente ou tão elevada quanto possível em termos dos recursos naturais, humanos, tecnológicos e financeiros.

Para Araújo Neto (2008), os objetivos dos sistemas de abastecimento de água estão intimamente relacionados com a saúde pública da população usuária de tal sistema e podem ser consideradas no aspecto sanitário e social e no aspecto econômico. Neste último são contemplados o aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos, o incentivo à indústria turística em localidades com potencialidades para seu desenvolvimento, a diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares e a facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio e operação.

Os sistemas de abastecimento de água são infraestruturas responsáveis pelo transporte de água aos núcleos populacionais urbanos com regularidade, segurança e qualidade. Os SAAs podem ser projetados para atender a pequenas povoações ou

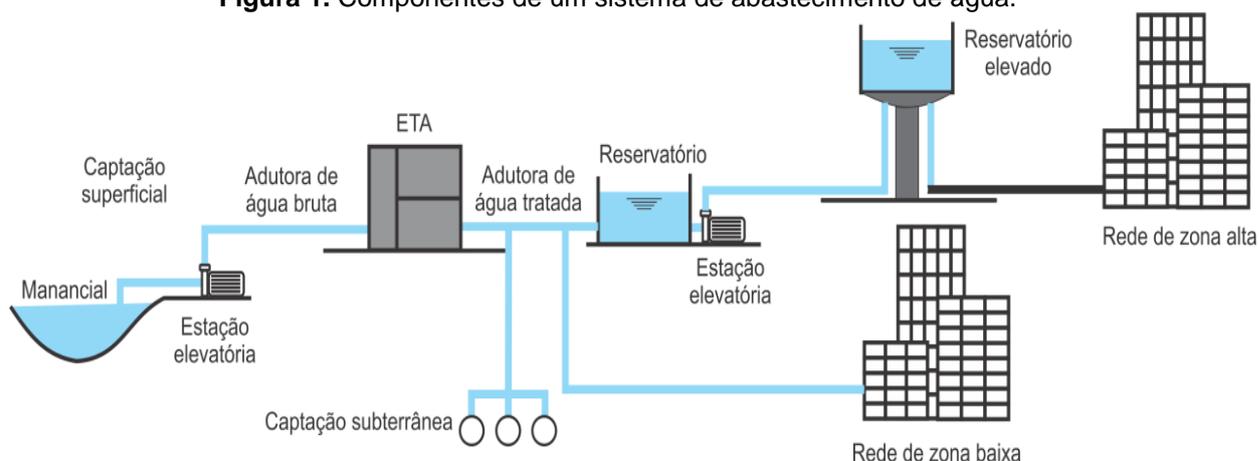
a grandes cidades, dependendo das características e dimensão das suas instalações (MOTA, 2010), (SOUZA; SILVA 2014).

Na norma ISO 24512 (ISO, 2007c) são definidos seis objetivos do sistema de abastecimento de água, no caso (1) Proteção da saúde pública: referente à qualidade, potabilidade e suficiência do abastecimento de água; (2) Satisfação das necessidades e expectativas dos usuários: contemplado na ISO 24510; (3) Prestação de serviços em situações normais e de emergência: abastecimento contínuo, pressão adequada e confiabilidade; (4) Sustentabilidade do prestador de serviços: capacidade de tratamento, de reservação, de transmissão e do sistema de distribuição, dos recursos hídricos, força de trabalho e estruturas tarifárias; (5) Promoção do desenvolvimento sustentável na comunidade: gestão dos recursos hídricos (proteção dos mananciais), redução da geração de resíduos e uso sustentável dos insumos; e (6) Proteção do meio ambiente: perdas de água, energia e gestão de resíduos.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (2016), os sistemas de abastecimento de água podem ser do tipo individual e coletivo. O primeiro é indicado para assentamentos de baixa densidade populacional, como em áreas rurais e/ou áreas ribeirinhas, muito comuns na região amazônica. Quando a comunidade cresce e a densidade demográfica populacional aumenta, a solução coletiva (convencional) passa a ser mais econômica e permanente para o abastecimento de água.

Rodrigo (2007) e Tsutiya (2008) comentam que a concepção dos sistemas de abastecimento de água é variável, em função do porte da cidade, topografia, sua posição em relação aos mananciais etc. De modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos das partes representadas na Figura 1.

Figura 1. Componentes de um sistema de abastecimento de água.



Fonte: Adaptado de Bezerra e Cheung (2013).

O manancial é uma das partes mais importantes do sistema, pois influencia diretamente na qualidade e na despesa do fornecimento de água à população.

A captação é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada ao sistema. A captação pode ser realizada em mananciais superficiais, subterrâneos ou águas pluviais (superfícies preparadas). A captação superficial é realizada em rios, córregos, lagos ou represas, por gravidade ou por bombeamento. A captação subterrânea pode ser executada por poços, galerias filtrantes, drenos ou fontes, já a captação de águas pluviais é destinada a áreas, onde as duas outras formas de captação são escassas.

A captação tem por finalidade criar condições para que a água seja retirada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e em qualidade tal que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível (MEDEIROS FILHO, 2009).

De acordo com Pereira e Condurú (2014) a demanda de abastecimento de água é a quantidade de água que precisa ser disponibilizada pelo SAA, para o atendimento das diferentes formas de consumo (domiciliar, comercial, público, industrial) em cada período de alcance do projeto. Essa informação possibilita a melhor locação e arranjo de unidades em relação ao consumo de energia elétrica e de acordo com a planialtimetria da área.

A estação elevatória é responsável por fornecer energia para transportar a água. O conjunto motor e bomba é o equipamento frequentemente utilizado nas estações elevatórias, por operar com sensível variação de vazão e pressão (ALMEIDA, 2010). A maioria dos sistemas possui vários conjuntos motor e bomba em operação, seja para recalcar a água de mananciais de superfície ou de poços, seja para recalcar a água a pontos distantes ou elevados (TSUTIYA, 2006).

A Adutora é o conjunto de tubulações, conexões e peças especiais destinadas a transportar água entre as unidades dos sistemas de abastecimento. A adução é responsável pelo transporte da água da captação ao tratamento ou do tratamento ao sistema de distribuição de água.

A estação de tratamento de água é o conjunto de unidades destinado a adequar os parâmetros da água aos padrões de potabilidade. A principal função do tratamento é a redução de impurezas e a eliminação de substâncias que tornam a água inadequada para o uso humano, com etapas como pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

O reservatório tem a finalidade de manter a regularidade do abastecimento, promover condições de abastecimento contínuo durante períodos curtos de paralisação do abastecimento, armazenar água para combate a incêndios, regularizar as condições de operação das estações elevatórias e condicionar as pressões disponíveis nas redes hidráulicas. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2016) para evitar a contaminação da água nos reservatórios, é necessário que sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga e indicador de nível. Além de que sua limpeza e desinfecção devem ser realizadas rotineiramente.

A rede de distribuição é a unidade do SAA constituída de um conjunto de conexões, peças especiais e condutos assentados nas vias públicas ou nos passeios, aos quais se conectam os ramais domiciliares. A função da rede de distribuição é conduzir as águas tratadas aos pontos de consumo, de forma contínua, em qualidade, quantidade e pressões recomendadas.

A ligação do ramal predial na rede de distribuição deve dispor de hidrômetro, para possibilitar o registro do volume consumido de água pelo usuário durante o período de cerca de um mês.

De acordo com Fenzl, *et al.* (2010), Bezerra, (2013), a sustentabilidade desse processo depende de vários fatores, como a otimização, eficiência, racionalização e manutenção de cada unidade do sistema de distribuição e suas formas de uso. Para isso, é preciso que a gestão operacional e comercial do SAA seja adequada.

3.1.1 Gestão dos Sistemas de abastecimento de água

A palavra Gestão vem do Latim *Gerentiae* refere-se à ação de administrar, de dirigir, gerência, gestão. A deficiência da gestão eficaz no saneamento, associada às estruturas deterioradas e aos padrões culturais de consumo incompatíveis, resultam em milhões de pessoas sem o adequado acesso à água, ocasionando diversos conflitos de uso.

Para Condurú e Pereira (2010), a gestão de sistemas de abastecimento de água, de forma eficiente e eficaz, demanda conhecimento e utilização da informação que circula nos órgãos governamentais, nas empresas responsáveis pelo sistema e na sociedade, a fim de que essa seja usada voltada à qualidade do sistema e ao melhor aproveitamento da água. De acordo com Heller (2010) os sistemas necessitam de equipe com um nível mínimo de qualificação e com uma quantidade mínima de pessoal para atender serviços como administrativos, construção civil, hidráulicos, eletromecânicos e operação do tratamento.

Segundo Bezerra; Cheung (2013), uma gestão eficiente, em qualquer empresa, é realizada com base em registros confiáveis da produção e das transações feitas para o fornecimento do produto. Para Pereira e Condurú (2014), a combinação entre as informações de volume, despesas e faturamento permitem que o gestor analise o desempenho do SAA, observando as deficiências, considerando-as como fundamento para suas decisões.

De acordo com Heller, (2010) se o serviço não se organiza para assegurar sua sustentabilidade, de nada vale um sistema concebido de forma apropriada, projetado, operando apropriadamente e construído segundo técnicas modernas.

Este autor destaca que para uma boa Gestão dos SAAs, é necessária a adoção das seguintes medidas:

- a. Sistemas de informação de suporte operacional e gestão das perdas;
- b. Investimento em aplicativos de informática para recebimento das informações da população a respeito dos vazamentos visíveis e acionamento das equipes de manutenção, entre outras coisas;
- c. Equipes treinadas e com logística adequada para fazer as medições de vazão, pressão, perdas de carga, curvas de bomba etc. (pitometria), úteis na gestão do abastecimento de água e das perdas;
- d. Monitoramento do sistema (pressões e vazões) em pontos estratégicos do sistema, e auxílio de modelagem matemática para diagnóstico e proposição de soluções;
- e. Envolvimento de todos os técnicos e do corpo gerencial da empresa.

Souza; Silva (2014) apresentaram proposta de gestão para melhorar o uso eficiente dos recursos hídricos em sistemas de abastecimento de água. Os autores mostraram que a gestão dos serviços de água deve ser planejada em três níveis: estratégico, tático e operacional. O nível estratégico, se dá em longo prazo (mais de 5 anos) estabelece os objetivos estratégicos e especifica os meios para alcançar os resultados desejados. Por sua vez, o nível tático é em médio prazo (1 a 3 anos), e determina as formas de alcançar os resultados desejados. Já o nível operacional, é em curto espaço de tempo (por exemplo, 1 ano), propondo programa e ações imediatas.

De acordo com a ABES (2013), os altos custos das empresas (quadro de pessoal mal dimensionado, ineficiência nas compras, alto consumo de energia elétrica, altos índices de perdas de água) e a baixa capacidade de geração de receitas (gestão comercial deficiente, não aproveitamento de oportunidades na área de saneamento industrial e privado, baixa agressividade comercial) diminuem a capacidade das operadoras de obter recursos financeiros, que seriam destinados ao seu plano de investimentos e, também, a ações de melhoria operacional, como programas de redução de perdas de água.

No Esquema 1, é representado o ciclo em que a baixa capacidade operacional reduz a capacidade de financiamento, que, por sua vez, prejudica a capacidade de investimento e, conseqüentemente, a melhora operacional.

Esquema 1 Ciclo das Operadoras de Saneamento.



Fonte: Adaptado ABES (2013).

Arena *et al.* (2014) destacam que o principal desafio associado ao abastecimento de água é compreender a melhor alternativa para favorecer o serviço, dada certa configuração do sistema de recursos. As melhorias podem ser múltiplas e estão associadas à redução de custos de operação, ao aumento de confiabilidade do sistema, proporcionando capacidade adicional em caso de manutenção.

Pena (2010) ratifica, que as Normas Série ISO 24500, com diretrizes e orientações sobre as atividades relativas aos serviços de abastecimento de água, não apresentam responsabilidades gestoras, todavia, podem vir a colaborar no entendimento das boas práticas de gestão dos prestadores de serviços de saneamento, preenchendo uma necessidade de melhor atendimento ao consumidor.

Como ao longo do SAA existe aplicação de recursos no pessoal que atua nas unidades, na energia elétrica, nos equipamentos eletromecânicos, nos produtos químicos empregados para tornar a água potável, em serviços, em obras, cabe ao gestor o conhecimento dessas despesas, para que decisões adequadas sejam tomadas para melhorar o desempenho do sistema (CONDURÚ; PEREIRA, 2010).

A gestão dos serviços de abastecimento de água integra diversas áreas como operacional, financeiro, recursos humanos, comercial, entre outros. Para isso, a informação do desempenho nesses sistemas pode ser dividida em três grandes grupos, no caso o de volumes de água, o das despesas de exploração e o de faturamento da água fornecida.

3.1.1.1 *Gestão Operacional*

A gestão operacional pode ser entendida como a administração do processo produtivo e das ações a ele associadas. A gestão operacional eficiente ajuda a reduzir os custos de produção, por meio da diminuição das despesas de energia elétrica, produtos químicos e mão de obra, aumentando a produção de água sem necessidade de expansão do sistema.

Na gestão operacional são utilizados diversos procedimentos para controle do volume perdido de água. Dentre eles podem ser destacados a macromedição, setorização, micromedição, automação, controle de pressões e a recuperação de vazamentos.

Gomes e Bezerra (2009) comentam que a macromedição é o conjunto de medições realizado nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades da rede de distribuição.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES, 2015), a falta de medição dos volumes de água é um grande problema enfrentado nos SAAs, levando a perda de faturamento por parte da companhia ou operadora de saneamento. Estes volumes são representados, basicamente, por volumes gastos em algumas ações operacionais executadas em campo (descargas ocasionais, lavagens de rede de água, entre outros); volumes gastos pelo Corpo de Bombeiros no combate a incêndios e pelo fornecimento de água a núcleos urbanos assentados em áreas irregulares. Este último possibilita a proliferação dos "gatos" (ligações improvisadas, geralmente de tubos plásticos) que se estendem pelas vias, muitas vezes com os tubos mergulhados em poças d'água contaminadas.

A setorização consiste na divisão do SAA em distritos chamados zonas pitométricas, com objetivo de estipular um controle efetivo das pressões e vazões de água (FONSECA, 2011).

Segundo a Norma NBR 12218, esses setores são chamados de Setores de Medição, Distritos de Monitoramento e Controle, Distritos de Medição e Controle (DMC), DMA (*District Metered Area*) ou Zonas de Medição e Controle (ZMC).

O SAA é a unidade básica operacional de um sistema distribuidor de água, corresponde às linhas primárias e secundárias de determinada área. Pode ser abastecida diretamente por derivação de adutora ou, indiretamente, por reservatório setorial. Para definir um SAA é necessário levar em conta, principalmente, as condições topográficas e o perfil dos consumidores (MOTTA, 2010).

FONTANA (2012) destaca que a setorização das redes de distribuição de água tornam mais eficientes às atividades de manutenção, pois consideram as características das unidades consumidoras, a fim de minimizar os impactos negativos pelo desabastecimento momentâneo de água, necessários para manutenção. Gómez, Cubillo e Martín (2013), afirmam que as vantagens da setorização são descritas de acordo com o potencial de redução nas perdas de água, gerenciamento das pressões e qualidade da rede existente.

Neste contexto, Barreto *et al.* (2010) realizaram estudo no 3º setor de distribuição de água de Belém, no período de outubro de 2005 a setembro de 2006, tendo verificado que apenas 57,42 % do volume distribuído (989.580 m³) foram efetivamente consumidos, ou seja, 42,58% (423.847 m³) do volume total foram perdas de água decorrentes de vazamentos, transbordamentos, ligações clandestinas e/ou água exportada para outros setores, devido às interligações na rede de distribuição, ratificando assim, a importância da setorização.

Souza Júnior (2015) realizou estudo de caso quanto à implantação de Distritos de Medição e Controle (DMC's) no município de Bragança Paulista. A partir da metodologia proposta foram identificados os DMC's com maiores índices de perdas de água. Após a priorização e realização de serviços neste DMC, o autor constatou queda significativa nos volumes perdidos de água. O índice de perdas por ligação passou de 643 litros por ligação, por dia, $l/(ligação \cdot dia)$, em janeiro de 2014, para 282 litros por ligação, por dia, $l/(ligação \cdot dia)$, em julho de 2014, e o índice de água não faturada no mesmo período caiu de 43,46% para 30,75%.

Uma maneira de reduzir o volume de água não faturado é com a micromedição, que é entendida como a medição constante do consumo de todos os

usuários da rede de abastecimento de água. Ela é realizada pelas companhias por meio de hidrômetros, os quais são instalados no local de consumo e divulgam a empresa fornecedora os volumes de água consumidos que serão cobrados e faturados pela mesma (SEIBT, 2016).

A micromedição é um ponto chave na redução de perdas de faturamento. Segundo Coelho (2009), o benefício trazido não é apenas técnico, mas econômico-financeiro e social. Quando as ações de fiscalização e busca de fraudes não são contínuas favorecem a impunidade do fraudador.

O gerenciamento da pressão é também uma técnica de redução de perdas, pois considera a relação direta entre o vazamento e a pressão. Quanto menor a pressão, menor a frequência de ruptura da tubulação. Além disso, frequentes mudanças de pressão podem causar falhas por fadiga em tubos, especialmente aqueles com material plástico (NAZIF *et al.*, 2010; NICOLINI; ZOVATTO, 2009).

Dentro da gestão operacional, vale comentar, que o reparo de vazamentos deve ser feito de forma ágil e com qualidade, para que o problema não volte a acontecer em um curto intervalo de tempo (TSUTIYA, 2008).

Segundo recomendação do Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA (*IWA Water Loss Task Force*), a gestão operacional é uma ação potencial que deve ser adotada em todos os programas de combate a perdas de água.

Morrison *et al.* (2007), Gonçalves (2013) e Kurek; Ostfeld (2014), comentam que o gerenciamento das perdas de água é de fundamental importância para a melhoria da eficiência das redes de água, a fim de assegurar em longo prazo sustentabilidade ambiental e social.

Nos primeiros anos de implementação e operacionalização de Programas de Combate às Perdas, os resultados são animadores; depois, a cada ano que passa, são mais lentos e as ações requeridas ficam mais caras (Tardeli Filho, 2016). Shimomura (2013) cita um bom exemplo relativo aos “tempos” que é o caso de Tóquio, em que o indicador de perdas reais caiu de 80% para 20% em dez anos e de 20% para 3% em 60 anos.

Zaniboni e Tsutiya (2009) destacam que a padronização dos ramais de ligação de água promoveu melhora significativa na redução das perdas, devido à maior qualidade dos materiais e do treinamento da mão de obra.

Segundo a ABES (2015), a gestão operacional deve priorizar ações de combate às Perdas que proporcionam resultados mais imediatos (curto prazo), dando ênfase para:

- a. Rapidez no reparo dos vazamentos visíveis para evitar a deterioração da imagem da companhia de saneamento e o descrédito da população em relação à gravidade da situação e seriedade das demais ações a serem empreendidas;
- b. Intensificação do Controle Ativo de Vazamentos, aumentando os trabalhos de pesquisa de vazamentos não visíveis e rapidamente reparando as fugas encontradas nas adutoras de água bruta e tratada e nas redes de distribuição;
- c. Implantação ou melhoria do controle operacional dos níveis dos reservatórios setoriais, de maneira a impedir o extravasamento de água, bem como nas estações elevatórias de água bruta e tratada;
- d. Redução da pressão onde for possível, a valores inferiores ao estabelecido em norma (10 mca, segundo ABNT 12.218/1994) nos pontos críticos, sem "zerar" a pressão na tubulação;
- e. Priorização das áreas com Válvulas Redutoras de Pressão - VRPs e boosters, bem como aquelas em que é possível realizar manobras nas válvulas da rede.

A redução de perdas requer investimentos no gerenciamento da micromedição, avaliação de consumos públicos e prédios próprios, pesquisa de fraudes, gestão de grandes consumidores, pesquisas de vazamentos e formação e manutenção de equipe dedicada ao controle de perdas (GOMES *et al.*, 2007).

Também é oportuno observar que a eficiência na gestão é relacionada com o valor das despesas da prestação dos serviços. Entre essas destaca-se o gasto com produtos químicos, mão de obra e energia elétrica no SAA.

Atualmente, é importante incorporar o uso de novas tecnologias e da informática nos procedimentos de gestão do SAA, pois isso agiliza o conhecimento da situação e a tomada de decisão.

Estudos realizados por Tardelli Filho (2016), tendo como base dados do SNIS (2013), mostram informações sobre perdas nas capitais dos estados brasileiros, como mostra o Quadro 1. Além dos indicadores de perdas, no Quadro 1 podem se observar as informações sobre a população atendida com água, o número de ligações ativas de água, o índice de macromedição e o índice de hidromedição. Os indicadores de perdas apontados referem-se às perdas de faturamento (%), em que se consideram os volumes faturados (incorporam o faturamento mínimo de 10 m³/mês, de acordo com regra tarifária), e às perdas na distribuição, em que se consideram os volumes efetivamente micromedidos, em % e em L/ligação.dia.

Quadro 1. Dados de perdas nas capitais do Brasil.

Local	Operadora	Contexto				Indicadores de Perdas		
		População Atendida (hab.)	Ligações Ativas (n°)	Índice de Macromedição (%)	Índice de Hidromedição (%)	Índice de Perdas de Faturamento (%)	Índice de Perdas na Distribuição (%)	Índice de Perdas por Ligação
Brasília (DF)	CAESB	2.739.545	616.298	92,9	99,9	26,9	27,3	314,2
Palmas (TO)	SANEATINS	232.084	83.015	100,0	100,0	27,5	35,4	266,8
Campo Grande (MS)	ÁGUAS GUARIROBA	819.012	245.317	95,9	100,0	23,8	27,7	
Goiânia (GO)	SANEAGO	1.388.304	461.086	99,6	94,1	33,7	21,3	164,9
Fortaleza (CE)	CAGECE	2.320.857	632.789	100,0	100,0	30,8	42,0	368,5
Porto Alegre (RS)	DEPTO. MUNICIPAL	1.467.816	284.582	71,1	96,2	35,7	26,3	405,3
João Pessoa (PB)	CAGEPA	733.346	185.689	87,5	95,6	40,0	39,9	407,6
Curitiba (PR)	SANEPAR	1.848.946	464.179	100,0	100,0	30,1	39,3	418,3
São Paulo (SP)	SABESP	11.727.298	2.851.875	100,0	100,0	29,2	35,8	427,0
Belo Horizonte (MG)	COPASA	2.479.165	578.160	100,0	100,0	34,0	36,5	438,0
Recife (PE)	COMPESA	1.327.300	306.103	97,1	87,0	37,8	49,8	513,7
Teresina (PI)	AGEPISA	776.233	241.618	89,4	95,2	48,5	53,7	578,0
Belém (PA)	COSANPA	859.595	187.547	29,3	50,8	40,7	48,1	583,7
Florianópolis (SC)	CASAN	453.285	95.104	2,9	97,4	24,6	33,7	612,8
Vitória (ES)	CESAN	335.664	56.897	100,0	88,1	23,1	29,8	621,7
Natal (RN)	CAERN	809.455	196.424	59,5	85,6	45,9	54,9	653,5
Boa Vista (RR)	CAER	301.957	77.567	58,5	66,9	53,9	54,5	673,3
Manaus (AM)	MANAUS AMBIENTAL	1.641.405	360.249	100,0	83,2	70,2	48,2	747,2
Aracaju (SE)	DESO	609.456	174.192	100,0	99,3	48,4	54,8	749,1
Rio de Janeiro (RJ)	CEDAE	5.874.342	992.693	99,5	69,2	52,1	28,5	804,3
Salvador (BA)	EMBASA	2.694.672	502.455	93,7	92,3	50,0	52,4	841,8
Maceió (AL)	CASAL	943.410	134.839	57,4	87,5	59,5	61,3	914,5
Rio Branco (AC)	DEPASA	174.915	46.139	97,1	72,4	60,2	60,2	927,5
São Luís (MA)	CAEMA	950.147	201.350	zero	27,5	67,2	67,2	1.272,0
Cuiabá (MT)	CAB CUIABÁ	530.095	138.645	65,0	85,1	62,9	67,3	1.289,0

Porto Velho (RO)	CAERD	149.244	36.428	zero	81,4	68,9	70,3	1.709,0
------------------	-------	---------	--------	------	------	------	------	---------

Fonte: Adaptado de Tardelli Filho (2016).

De acordo com Pereira *et al.* (2010), no controle operacional é importante simular o comportamento hidráulico do sistema de abastecimento de água, pois isso permite a visão sistêmica e a auditoria contínua dos parâmetros hidráulicos, elétricos e comerciais, complementando o conhecimento e a experiência dos técnicos envolvidos no planejamento, projeto e diagnóstico dos sistemas.

A Automação em SAAs é a combinação da tecnologia dos processos de saneamento e da tecnologia da informação. A primeira abrange os avanços nas técnicas de captação, tratamento e distribuição de água, enquanto que a segunda possibilita a supervisão e os controles necessários destes processos de maneira a mantê-los operando com a melhor relação custo benefício (TSUTIYA, 2008).

De acordo com Votre (2014), o investimento em automação torna-se atrativo na gestão operacional por meio do monitoramento e controle em tempo real, redução de custos operacionais através do gerenciamento de energia elétrica consumida, redução da quantidade de produtos químicos utilizados para o tratamento e controle de perdas físicas no sistema.

Segundo Gunawansa *et al.*, (2012), o Banco Mundial documentou muitos casos em que o gerenciamento público de serviços de água não obteve êxito. Isso está associado a fatores como a falta de capacidade financeira; ausência de tecnologia e habilidades de gestão para desenvolver, manter e operar sistema de água urbano; a incapacidade de atender à crescente demanda de novas conexões de água como resultado do crescimento rápido da população e da urbanização.

Os custos de implantação e operação do sistema devem ser compatíveis com a capacidade de pagamento dos usuários, ou seja, o sistema deve ser projetado e executado caso seu investimento de implantação somados aos seus custos de operação em um determinado período sejam equivalentes à totalização das tarifas no mesmo período (HELLER, 2010).

Com isso, muitos sistemas apresentam deficiências operacionais que vão de despesas elevadas até o racionamento, ou mesmo, a falta de água para atendimento dos consumidores. Esse tipo de situação acaba provocando prejuízos para a imagem e para o equilíbrio financeiro da empresa, razão para qual a gestão

operacional precisa ser acompanhada e complementada pela gestão comercial do SAA.

3.1.1.2 *Gestão Comercial*

A gestão comercial é destinada ao controle das despesas, a cobrança e recebimento dos valores referentes ao serviço prestado ao SAA, sendo importante para a busca da eficiência operacional e da sustentabilidade econômica do prestador.

3.1.1.2.1 Despesas de Exploração em Sistemas de Abastecimento de Água

Fenzl, Mendes e Fernandes (2010) destacam que Despesas de Exploração (DEX) são as despesas decorrentes de cada unidade (custos operacionais) que a água passa até chegar ao consumidor. De acordo com Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, é o valor das despesas realizadas para a exploração dos serviços (BRASIL, 2012), compreendendo despesas com pessoal, com produto químico, com energia elétrica, com serviços de terceiros, com água importada e fiscal ou tributária.

Em sistemas de abastecimento de água geralmente as despesas mais significativas são com pessoal, energia elétrica e produto químico. A despesa com pessoal tem um peso significativo no custo dos serviços, pois influencia no valor das tarifas, no equilíbrio financeiro e na sua capacidade de investimentos (COELHO, 2014). Serviços eficientes e eficazes exigem quadro de pessoal bem dimensionado, boa capacitação profissional e política salarial adequada (BEZERRA, 2012; SOARES, 2015).

A despesa com pessoal é a despesa com empregados, correspondendo à soma de ordenados e salários, gratificações, encargos sociais (exceto PIS/PASEP e COFINS), pagamento a inativos e demais benefícios concedidos, tais como auxílio-alimentação, vale-transporte, planos de saúde e previdência privada (FENZL, MENDES E FERNANDES, 2010).

Os valores gastos na aquisição, transporte e utilização de produtos químicos necessários ao tratamento de água são relacionadas as despesas de produtos

químicos, aos sistemas de tratamento de água e as análises de amostras de água (BRASIL, 2012).

A despesa com energia elétrica é o valor referente às despesas realizadas com energia elétrica (força e luz) nos sistemas de abastecimento de água, incluindo todas as unidades do prestador de serviços, desde as operacionais até as administrativas.

Serviços de terceiros são as despesas com a contratação de prestadores de serviços, manutenção de rede, conserto de veículos etc., considerando apenas despesas com mão de obra. Não se incluem as despesas com energia elétrica e com aluguel de veículos, máquinas e equipamentos (FENZL, MENDES E FERNANDES, 2010).

Despesas com água importada é o valor das despesas realizadas com a importação de água bruta ou tratada no atacado.

Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX são as despesas relacionadas com impostos, taxas e contribuições, cujos custos pertencem ao conjunto das despesas de exploração, tais como Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira (CPMF), Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS), contribuições sindicais e taxas de serviços públicos (BRASIL, 2012).

O consumo de energia elétrica está presente em algumas unidades do SAA, sendo que a energia também é utilizada para iluminação das instalações, serviços de escritório, equipamentos de monitoramento e controle, dentre outros. Contudo, os componentes responsáveis pela maior parcela do consumo de energia são as estações de bombeamento de água, também podem ter um porte significativo, as pequenas bombas de aplicações diversas, como na dosagem do tratamento químico (FRACASSO, 2014).

As despesas com produtos químicos são necessárias para o tratamento da água, também se utilizam reagentes químicos nas análises laboratoriais, porém,

muitas vezes há uso excessivo ou impróprio de produtos químicos o que gera despesa desnecessária.

Para o sistema ser considerado viável do ponto vista da sustentabilidade, os recursos financeiros arrecadados, por tarifas/taxas, receitas municipais, devem ser maiores que as despesas de operação e manutenção.

3.1.1.2.2 Faturamento e Arrecadação

O faturamento de uma empresa é a soma dos valores das faturas (contas) emitidas em determinado período de tempo comercial, geralmente mensal. Já a arrecadação vem do verbo arrecadar, que significa recolher, receber o pagamento por certo produto vendido. Vale observar que nem todo volume faturado é devidamente pago pelos usuários, ou seja, transformado em recurso financeiro para a empresa.

Em um SAA, o faturamento é relacionado com o volume de água, para isso, o cálculo em estrutura tarifária é realizado por faixa de consumo e categoria de ligações dos clientes, ou seja, é a cobrança de serviços com frequência mensal da oferta utilizada pelos usuários. A arrecadação é o pagamento efetuado pelos clientes, referentes às cobranças realizadas aos clientes (Bezerra, 2012).

De acordo com Kolokytha *et al.* (2002), os incentivos econômicos, as políticas e estratégias de precificação da água são hoje poderosos instrumentos, tornando esta opção mais ambientalmente amigável e, ao mesmo tempo, uma solução alternativa economicamente efetiva para equilibrar a oferta e a demanda. Kevinsen *et al.* (2014), afirmam que o estabelecimento de preços através da medição permite que os utilizadores da água tomem mais consciência do consumo local e é um pré-requisito para a implementação de mecanismos de preços baseados em volume de água. A mudança de uma taxa de água fixa ou fixa para um sistema medidor e tarifas crescentes têm mostrado reduzir a demanda de água (DA-PING *et al.*, 2011).

O valor faturado em reais (R\$) serve para avaliar o quanto é “cobrado” com o serviço realizado no SAA, devendo ser utilizado na definição das metas de equilíbrio econômico-financeiro da empresa em relação às despesas para prestação desse serviço. É preciso verificar quanto foi arrecadado em relação ao faturado (cobrado),

ou seja, qual o pagamento do consumidor pelo produto entregue. Vale ressaltar que nem todo volume faturado é devidamente pago pelos usuários, ou seja, transformado em recurso financeiro para empresa (PEREIRA; CONDURÚ, 2014).

De acordo com Furtado (2017), o combate às perdas de água tratada só será incorporado ao cotidiano das empresas de saneamento se a atividade passar a ser encarada pelo viés econômico, aquele que de fato justificaria as ações corretivas e preventivas. Segundo cálculo recente da consultoria GO Associados, o Brasil perde R\$8 bilhões por ano, equivalentes à perda financeira total de 39% que não entra no setor. O não faturamento refere-se a 6,5 bilhões de m³ de água tratada/ano.

Tsutiya (2006) observa que às perdas de faturamento estão diretamente associadas aos recursos financeiros que a empresa deixa de receber por falta de faturamento de volumes de água consumidos.

As perdas de faturamento representam a parcela da perda total que não é proveniente de vazamentos ou extravasamentos nos reservatórios. São causadas por ligações clandestinas, roubo ou uso ilegal (retirada de água em válvulas de descargas nas adutoras), fraudes nos hidrômetros, consumo inadequado de energia elétrica, erros de leituras e falhas no cadastro comercial (cadastro desatualizado, ligação não cadastrada, inatividade em ligação ativa).

No Quadro 2 são apresentadas as principais causas das perdas de faturamento, de acordo com os autores Carvalho *et al.* (2004); Bezerra (2012).

Quadro 2. Causas das Perdas de Faturamento.

OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO
Submedição	O hidrômetro mede valores com indicações inferiores às reais ou está parado.
Ligações Clandestinas	Acontece quando o fraudador faz uma ligação direta da rede de distribuição da concessionária, sem qualquer tipo de permissão e cadastro, utilizando assim água sem qualquer registro e sem qualquer cobrança pelo seu uso.
Violação do lacre	Ocorre com a violação e retirada do lacre de proteção do aparelho possibilitando várias atividades irregulares, como a inversão do sentido do hidrômetro, colocação de diversos materiais no interior do hidrômetro, que irão paralisar a turbina.
Hidrômetro invertido	Situação em que o hidrômetro é retirado e trocado de posição durante certo período de tempo, reduzindo, desta forma, o volume consumido.
Cúpula furada e com mecanismo de travamento da relojoaria	Ocorre quando é introduzido um pedaço de arame, prego ou outro dispositivo com a finalidade de travar o giro do dispositivo da relojoaria.
Danificação do Hidrômetro	Ocorre a quebra ou danificação do hidrômetro para impedir a medição.

"By-pass"	Situação em que o fraudador faz uma ligação usando uma conexão antes da passagem pelo hidrômetro e ligando-a ao seu ramal predial, fazendo com que a água que passaria totalmente pela micromedição, derive para essa conexão, abastecendo a rede de alimentação da propriedade, totalmente sem medição.
-----------	--

Fonte: Carvalho *et al.* (2004); Bezerra (2012)

A perda de faturamento é um componente importante na tarifa paga pelo consumidor, pois as companhias incorporam essas perdas na composição de preços. A população, por sua vez, está no limite de seu orçamento, o que tem contribuído para aumentar a inadimplência, que por sua vez acarreta menor faturamento, impactando negativamente os investimentos dos prestadores de serviços de saneamento. O ciclo vicioso se completa pela obsolescência dos equipamentos decorrentes da falta de investimentos (PROCEL SANEAR, 2005).

Conforme a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) (2013), no Brasil são destacados os consumos não faturados e não medidos ocorridos em favelas. Trata-se de volume significativo nas metrópoles brasileiras, cuja regularização e urbanização dependem de gestão integrada entre o poder concedente e a operadora. Seu custo geralmente é arcado pela companhia de saneamento, nem sempre considerado adequadamente na composição das tarifas.

De acordo com dados do SNIS, ano base 2015, no referido ano, no que se refere a volumes, verifica-se uma queda de 610,1 mil metros cúbicos na produção de água (-3,8%) e de 408,7 mil metros cúbicos no volume de água consumido (-4,0%). Em termos de população total atendida, constata-se o aumento de 1,5 milhão de habitantes, correspondendo a um acréscimo de 0,9% na população atendida (BRASIL, 2016).

Todas essas situações interferem na quantificação dos volumes de água, pois, apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, em função dessa medição incorreta, parte da água fornecida ao cliente, não está sendo contabilizada pela concessionária de abastecimento de água.

Segundo Palo (2010), o cadastro comercial é uma fonte de informações importante sobre os tipos de clientes, da manutenção e troca dos hidrômetros, do combate as ligações clandestinas, pois ajudam na melhoria da gestão comercial.

De acordo com o Artigo 29, da Lei 11.445/2007, os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada,

sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário preferencialmente na forma de tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos conjuntamente.

Poucos dados estão disponíveis na literatura sobre os números reais das perdas de faturamento, isto é, a maioria das empresas de abastecimento não dispõe de sistemas de monitorização adequados para avaliar as perdas de água e muitos países não dispõem de sistemas de relatórios nacionais que colem e consolidem informações sobre o desempenho dos serviços de água (DIGHADE *et al.*, 2014).

3.1.1.3 *Gestão estratégica*

Diversos procedimentos podem ser utilizados para análise da gestão estratégica de uma empresa, entre eles pode-se destacar a Análise SWOT.

De acordo com Nazarko *et al.* (2017), SWOT é um método utilizado para analisar os recursos e o ambiente de uma organização em quatro eixos: Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats). Ao identificar os fatores nesses quatro campos, a organização pode reconhecer suas principais competências para a tomada de decisões, planejamento e construção de estratégias.

Yuan (2013) utilizou a análise SWOT para estudar estrategicamente o gerenciamento de resíduos de construção em Shenzhen. Nikolaou e Evangelinos (2010) usaram a análise SWOT na gestão ambiental na indústria mineral grega. A análise prescreve recomendações de políticas tanto para o governo quanto para a indústria que, se adotadas, poderiam facilitar o desempenho ambiental aprimorado.

3.2 VOLUME PERDIDO DE ÁGUA

As deficiências na gestão operacional e comercial acabam refletindo na perda de volume de água no SAA, que, por sua vez, impacta no consumo e despesa de energia elétrica.

Eleotero (2008) comenta que a eficiência do ponto de vista energético equivale a consumir menos energia para obter-se o mesmo resultado final,

reduzindo custos com a eletricidade consumida, custos com a manutenção dos equipamentos e outros.

De acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o setor de Saneamento (PROCEL, 2005a), cerca de 2 a 3% do consumo total de energia elétrica no Brasil é destinado ao setor de abastecimento de água e de tratamento de esgoto, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano. Gonçalves, Jordão e Januzzi (2009) comentam que mais de 90% desse total de energia elétrica é destinado ao uso dos conjuntos motor e bomba utilizados nos sistemas de abastecimento de água.

Diante da realidade descrita, é observada a necessidade da busca pela eficiência hidroenergética nos sistemas de abastecimento, pois o volume perdido de água é um dos fatores que contribuem para o aumento do consumo e da despesa de energia elétrica no SAA. É importante comentar, ainda, que existem volumes de água que não são perdidos e que demandam energia elétrica, como as ligações clandestinas, contribuindo assim, para consumo de energia elétrica excessivo, consequência novamente da operação inadequada.

Cavaliere, Maggi e Stroffolini (2017) ressaltam que os investimentos para reduzir as perdas de água continuam sendo um dos desafios mais importantes na indústria da água. Embora exista muita atenção a esta questão na literatura de engenharia e nas ciências ambientais, até agora a atenção da análise econômica tem sido escassa.

De acordo com a *European Commission* (2014), as perdas de água não se apresentam apenas como um problema técnico e econômico, restrito à esfera de ação de uma operadora local ou regional. A questão tem implicações mais amplas, com repercussões significativas nos seguintes aspectos, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Aspectos abordados nas perdas de água.

Aspectos	Descrição
Políticos	Abrangem questões relativas às entidades responsáveis pelos serviços, agências de governo, linhas de financiamento para o setor e a mídia.
Econômicos	Envolvem os custos dos volumes perdidos e não faturados, os custos operacionais e os investimentos para as ações de redução ou manutenção das perdas, importantes para a sustentabilidade das empresas.
Sociais	Incluem o uso racional da água, o pagamento ou não pelos serviços, as questões de saúde pública e a imagem das operadoras perante a população.
Tecnológicos	Compreendem as interações entre o conhecimento técnico e as tecnologias, ferramentas e metodologias disponíveis para as atividades típicas do combate às perdas.
Legais	Englobam a legislação para o setor, licenças e a respectiva regulação.
Ambientais	Envolvem a utilização e gestão de recursos hídricos e impactos das obras de saneamento.

Fonte: Adaptado de European Commission (2014).

Pena (2010), Condurú e Pereira (2012) e Brasil (2016) observam que os prestadores não dispõem de dados confiáveis sobre o volume anual de água produzido no sistema e, por vezes, também desconhecem com exatidão o volume de água fornecido aos consumidores. Nesse tipo de situação, existe a tendência sistemática de subestimar os indicadores de perdas e, conseqüentemente, desvalorizar a sua real dimensão econômica.

Segundo Gonçalves (2013), todo sistema de abastecimento está sujeito a perdas, estas podem ser calculadas a partir da diferença entre o volume de captação e o macro que é medido nas saídas das Estações de Tratamento de Água (ETA), bem como o volume do micro que é a medição do universo de hidrômetros, assim efetivamente tem-se aqui um caso de produto industrializado que se perde no transporte até o consumidor. As perdas de água é uma das principais fontes de ineficiência das companhias de abastecimento de água (ALEGRE *et al.*, 2005).

As perdas no abastecimento de água vêm sendo debatidas, visto que devem ser estrategicamente solucionadas e combatidas pelo sistema de abastecimento de água local onde há indícios de tal perda. Um dos grandes desafios das Companhias de Abastecimento de Água é a adoção de tecnologias e práticas para o uso racional dos recursos hídricos e controle de perdas (FRAUENDORFER; LIEMBERGER, 2010).

O envelhecimento das infraestruturas de abastecimento de água e dos equipamentos, desde a captação até ao consumidor, é um processo natural e inevitável. À medida que os diferentes componentes do sistema, condutores, reservatórios, estações de tratamento e equipamentos eletromecânicos se aproximam do fim da sua vida útil, o volume de perdas físicas de água tende a aumentar e a ocorrência de rupturas e de interrupções de abastecimento tornam-se cada vez mais frequentes, elevando os custos de manutenção corretiva dos sistemas (COVAS; RAMOS, 2007).

Nesse sentido, a perda de água nos sistemas de abastecimentos diz respeito aos volumes hídricos que não são contabilizados, ou seja, representam dois tipos de perdas, a primeira é a operacional que totaliza a parcela de água tratada perdida antes do consumo das residências, a segunda a perda comercial que é o consumo de água não registrada pelos hidrômetros.

Dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (Brasil, 2016) apontam para um índice de perdas variável no território nacional, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4. Índice total de perdas de água por região.

Região	Total de perdas (%)
Norte	47,9
Nordeste	46,9
Centro-Oeste	32,6
Sul	33,4
Sudeste	34,2
Brasil	36,7

Fonte: Brasil (2016).

O combate efetivo das perdas de água é um dos problemas mais desafiadores da operação e manutenção dos sistemas de abastecimento. Existem muitos fatores que influenciam o gerenciamento de perdas tais como: condições físicas de infraestrutura, aspectos culturais e políticos, disponibilidade financeira, tecnologias disponíveis, qualificação da mão de obra, etc.

Para redução das perdas busca-se uma solução por meio dos órgãos gestores (ABES, 2013), onde na maioria das vezes, os prestadores de serviços de saneamento não possuem quadro de funcionários suficientes e nem profissionais qualificados para o gerenciamento do sistema, de modo a manter baixos e sob controle os índices de perdas. A precariedade física dos sistemas, sem devida

manutenção e prevenção e a falta de cadastros técnicos e comerciais, são outros fatores agravantes. Em outras palavras, há prestadores que desconhecem as principais características do sistema que operam.

Egenhofer *et al.* (2012) fornecem alguns dados de vazamentos de água na Europa, mostrando uma variabilidade significativa dentro dos países. As perdas de água variam de 50% na Bulgária a 5% na Alemanha.

Em Israel, a empresa que opera os serviços públicos de abastecimento de água em Tel Aviv apresenta índice de perdas de 9%. A EPAL, em Portugal, já alcança resultado de 8,5% de água não faturada perdida em seus sistemas operados. Esses números são diferentes para o setor, pois perder cerca de 10% de sua produção é um prejuízo enorme para as empresas, e esses valores são considerados baixos em relação a realidade brasileira (HYGEIA, 2017).

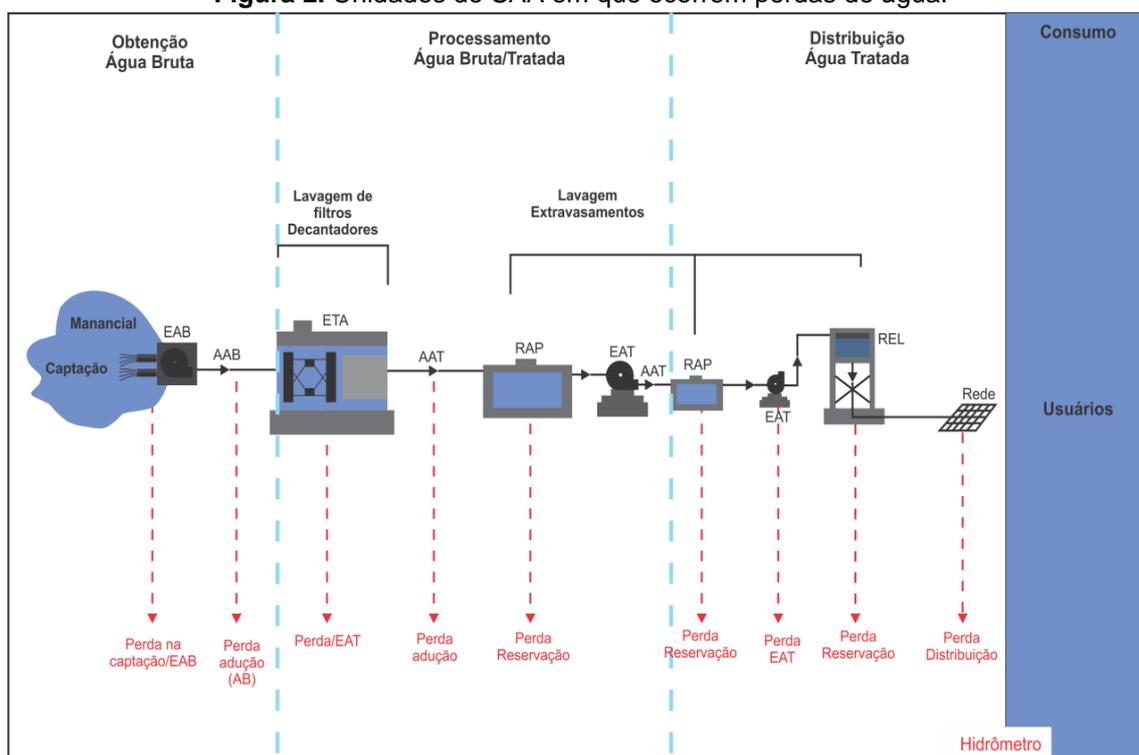
O volume de água perdido é o resultado que se tem ao subtrair o volume consumido efetivo do volume total retirado do manancial (demanda total de água), e é verificado desde a captação até a distribuição (quando a água tratada finalmente chega ao seu destino).

De acordo com Pereira e Condurú (2014) as perdas podem ser classificadas em perdas reais (operacionais) e perdas de faturamento (comerciais):

- a. Perdas reais (Físicas): correspondem ao volume que não chega ao consumidor. Ela é proveniente de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes ou ramais ou ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios.
- b. Perdas de faturamento (Não físicas): corresponde à diferença, em moeda corrente, dos valores faturado e arrecadado, sendo, portanto, o recurso monetário referente ao serviço prestado que não entra no caixa da empresa por falta de pagamento do consumidor.

Na Figura 2 são demonstradas as unidades do SAA em que ocorrem perdas de água.

Figura 2. Unidades do SAA em que ocorrem perdas de água.



Fonte: Pereira e Condurú (2014).

As perdas reais de água podem ser avaliadas pela diferença entre volume de entrada e o de saída do SAA no período considerado, conforme a Equação (1):

$$Perdas = V_{entra} - (V_{saída} + u) \text{ Equação (1)}$$

Em que:

V_{entra} : volume de água que entra no SAA;

$V_{saída}$: volume de água na saída do SAA;

u : usos operacionais, emergenciais e sociais.

De modo geral, o volume perdido de água é determinado em (m^3) no período analisado (dia, mês, ano), sendo decorrente de falha ou ineficiência na operação e manutenção das unidades. Essa perda real corresponde ao volume produzido de água (m^3 /período) que não chega ao consumidor, conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5. Perdas de água nas unidades do SAA.

Grupo	Unidade	Perda
Obtenção	Captação	Limpeza de grade, desarenador e canal de tomada de água.
	EAB	Limpeza de poços de sucção e úmido / Vazamento tubulação e CBMs.
	Adutora AB	Vazamentos tubos, válvulas, registros, peças e conexões.
Processamento	ETA	Manutenção de decantadores e filtros. Vazamentos em tubulações e comportas.
	Reservação	Extravasamento e limpeza de reservatórios.
	EAT	Limpeza de poços de sucção e úmido / Vazamento tubulação e CBMs.
	Adutora AT	Vazamentos tubos, válvulas, registros, peças e conexões.
Distribuição	Reservatório apoiado	Extravasamentos e limpeza de reservatórios.
	EAT	Limpeza de poços de sucção e úmido / Vazamento tubulação e CBMs.
	Reservatório elevado	Extravasamentos e limpeza de reservatórios.
	Rede	Vazamentos de tubos, válvulas, registros, peças, conexões e ramais prediais.

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

A redução do volume perdido de água utilizado no tratamento da água nas ETAs compreendem, basicamente, a racionalização do uso e o reaproveitamento da água usada na lavagem dos filtros e descarga do lodo nos decantadores. Segundo a AWWA (1987), uma ETA gasta em média de 2% a 5% do volume produzido na lavagem dos filtros. Sistemas com reaproveitamento chegam a ter índices menores que 1%, o que em grandes sistemas gera uma economia significativa de água.

As principais perdas de água, nas estações de tratamento, ocorrem devido à necessidade de limpeza das unidades de tratamento para remoção de resíduos (lavagem de flocculadores, decantadores e filtros) e vazamentos nas unidades e/ou tubulações (ACHON *et al.*, 2013).

As perdas por extravasamento em reservatórios ocorrem mais frequentemente devido a falhas operacionais e nos mecanismos de controle de nível dos reservatórios. As perdas podem ser estimadas a partir da subtração entre a vazão de entrada do reservatório e a de saída, associadas ao período de duração do extravasamento.

As características das perdas reais nas adutoras se assemelham com as perdas das redes de distribuição. As adutoras não fornecem água diretamente aos consumidores, o que facilita a identificação o reparo de vazamentos e rupturas. Até

as adutoras que não possuem macromedicação podem ser acompanhadas, indiretamente, por meio da medição da corrente elétrica dos motores. Nestes casos, quando há um aumento brusco da corrente elétrica, descartando questões eletromecânicas, pode-se concluir que a vazão aduzida aumentou em virtude de um vazamento ou ruptura.

Em estudo realizado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (2010), observou-se que as redes e os ramais prediais são os componentes do SAA onde ocorrem o maior número de vazamentos e o maior volume perdido de água, por causa principalmente de sua extensão e condições de operação. Para muitos sistemas, os vazamentos nos ramais (tubos de pequeno diâmetro) representam o maior número de vazamentos encontrado nas redes hidráulicas, especialmente em sistemas com uma elevada densidade de ramais. Isso ocorre pela má qualidade dos materiais aplicados e instalações inadequadas, além da própria idade destas ligações.

Na distribuição, as principais implicações dos vazamentos são provenientes dos danos ao patrimônio público ou privado, pela gradação do sistema viário e comprometimento das edificações devido às infiltrações de água; pelo aumento dos custos de produção, operação e manutenção, resultando em preços mais elevados de tarifa de água para o consumidor; e pelos riscos maiores de contaminação da água distribuída. No caso de pressões negativas ou ausência de pressão, há a possibilidade de introdução de agentes nocivos à população.

Para Bezerra; Cheung (2013), as perdas reais também são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, na ETAs e nos extravasamentos de reservatórios. Os vazamentos podem ser classificados em três tipos: visíveis, detectáveis (não visíveis) e inerentes.

Os vazamentos inerentes representam toda a água perdida nos pequenos orifícios das tubulações, nas juntas das conexões, nas peças especiais de controle, etc. Esses vazamentos não são visíveis e, na maioria das vezes, não são detectáveis. Apesar de possuírem baixa vazão, é comum que o volume perdido seja representativo nas perdas de água, em virtude destes vazamentos permanecerem

por longos períodos de tempo. Estes pioram gradualmente até alcançarem o ponto em que podem ser detectados (BEZERRA, 2009).

Os vazamentos detectáveis (não visíveis) não afloram à superfície e são localizáveis por equipamentos de detecção acústica, possuem vazões moderadas e sua duração depende da frequência com que a empresa realiza pesquisas de vazamentos. Como no Brasil, a maioria das empresas não realiza campanhas de detecção de vazamentos, estes acabam resultando em uma parcela significativa das perdas reais (ALEGRE *et al.*, 2005).

Os vazamentos visíveis são derivados de rupturas das tubulações e peças, que são provocadas por sobre pressões ou sobrecargas excessivas, defeitos estruturais, recalque do terreno e cargas intensas sobre o pavimento. Os vazamentos por rupturas manifestam-se imediatamente após a ocorrência, possuem vazões elevadas e são facilmente detectáveis. Através do registo do número de reparações durante um período de referência (geralmente 12 meses), é possível calcular o número de fugas ou rupturas e desta forma, estimar o volume total de água perdida (ALEGRE *et al.*, 2005), (FARLEY *et al.*, 2008).

É um equívoco o entendimento que grandes rupturas nas redes hidráulicas sejam responsáveis pela maior parte da água perdida nas redes hidráulicas. Na maioria dos casos, grandes vazamentos chamam a atenção da população e em pouco tempo a companhia realiza o reparo. Para companhia de saneamento, a existência de vazamentos escoando pelas vias é fator de degeneração de sua imagem perante a população. Por outro lado, os vazamentos não visíveis (ocultos) permanecem por um longo período antes de serem reparados, ocasionando grandes volumes de perdas de água.

Logo, o volume perdido depende principalmente da taxa do fluxo e do tempo de reparo. Ambos os parâmetros devem ser considerados no desenvolvimento dos planos de combate as perdas reais. É comum as empresas não possuírem políticas para o controle de vazamentos de pequeno fluxo, permitindo que estes desperdicem um volume considerável de água (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

De acordo com Saiani (2007) e Pertel; Azevedo e Volschan Junior (2016), as perdas de água também proporcionam desperdícios de energia elétrica, produtos químicos e materiais. A água deve ser transportada desde sua origem até o usuário

final. A respeito disso, Olsson (2012) ressalta que o bombeamento é a parcela do custo mais significativa nos processos de tratamento e distribuição de água e esgotos, representando 20% do consumo total de energia elétrica mundial.

A auditoria energética permite a avaliação da eficiência do sistema global, abrangendo tanto os níveis táticos como operacionais de gestão. Ao nível tático, fornece um diagnóstico do sistema como um todo, permite a comparação entre sistemas e, conseqüentemente, ajuda a priorizar áreas de intervenção.

Ao nível operacional, as áreas críticas podem ter serviço melhorado por ações específicas, tais como mudanças na operação de bombeamento de acordo com os perfis de demanda (por exemplo, diariamente horários de bombeamento, adoção de controladores de velocidade), ou a instalação de válvulas ou válvulas de redução de pressão como turbinas (MAMADE *et al*, 2014; MAMADE *et al*. 2015).

Investimentos voltados para o aumento da eficiência nos sistemas de abastecimento de água resultam em ganhos financeiros diretos para o setor de saneamento. Toneto Junior *et al*. (2013) apontaram que uma redução de 10% nas perdas das companhias brasileiras agregaria R\$1,3 bilhão à receita operacional com água.

Condurú e Pereira (2010) ressaltam que é preciso observar o funcionamento dos equipamentos eletromecânicos de cada unidade dentro do sistema nos horários de ponta e fora de ponta, pois o detalhamento dessa informação hidroenergética é importante para a avaliação das despesas de exploração, já que o valor do horário de ponta (3 horas no período noturno) é cerca de três vezes maior do que o dos demais horários (fora de ponta).

Os equipamentos, muitas vezes dimensionados de forma inadequada ou operando em condições obsoletas, são frequentemente utilizados durante os horários de pico, que somado as perdas de água verificadas nas companhias de abastecimento, contribuem para onerar as tarifas de água.

A relação direta entre perdas de água e consumo de energia elétrica no Brasil indicou o desperdício de 4,09 TWh de energia elétrica consumida, no caso, prejuízo de 1,13 bilhão de reais no ano de 2013 (BRASIL, 2015).

Rego (2016) comenta que considerando o consumo *per capita* de energia elétrica no Brasil de 2.295 kWh/hab.ano no ano de 2013, estima-se que somente com a energia elétrica consumida e perdida nos serviços de abastecimento de água seria possível atender uma população de 1.782.135 habitantes no mesmo ano (BRASIL, 2014b).

Nesse contexto, o consumo de energia elétrica no SAA é observado com preocupação, uma vez que atualmente já ocupa a segunda posição na pauta de custos operacionais da maioria dos prestadores de serviços de saneamento (ELETROBRÁS, 2014).

Diante do exposto, tem-se a necessidade de avaliar a eficiência hidroenergética nos sistemas de abastecimento de água, buscando medidas mitigatórias para melhoria do mesmo.

3.3 PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Existe grande semelhança entre os SAA's e os sistemas de energia elétrica (XU, 2015). Para Vilanova (2015), em ambos sistemas, desde o ponto onde a água é represada para fins de abastecimento ou para conversão em energia elétrica há perdas as quais devem ser reduzidas e desperdícios eliminados.

Logo, como as perdas elétricas estão diretamente associadas às perdas de água, reduzir tais perdas se configura como uma ação de eficiência hidroenergética com efeito direto sobre a conservação do meio ambiente (KROCOVÁ, 2015; MALA-JETMAROVA *et al.* 2017).

As perdas de energia elétrica nas companhias de saneamento ocorrem nas estações elevatórias e originam-se, principalmente, por causa da baixa eficiência dos equipamentos eletromecânicos, por procedimentos operacionais inadequados e por falha na concepção dos projetos (CHERCHI *et al.* 2015; PILLOT, 2016).

De acordo com Castanho *et al.* (2014), Dutra e Altafini (2014), nos SAA's, a energia elétrica utilizada no acionamento do conjunto motor e bomba, na etapa de captação é, normalmente, o de maior impacto no consumo total do sistema, pois para captar grandes volumes de água é necessário o emprego de máquinas elétricas de potência elevada.

Para Sousa, Soares (2014) e Zeng (2017), o gerenciamento adequado dos recursos hídricos e energéticos em SAA's, depende da confiabilidade das informações obtidas a partir dos hidrômetros, instrumentos de medição que registram volume de água desde o ponto de captação (macromedição) até os pontos de distribuição junto aos consumidores finais (micromedição).

Com a crise hídrica e energética em diversas regiões brasileiras e países, as empresas que desejam investir em eficiência hidroenergética devem manter atualizados seus sistemas de medição, pois, sem medição não há controle e sem controle não há gerenciamento eficiente (HOFFMAN, 2017; KRAUSE, 2017; OZCELIK, 2017; DENARO, 2017).

A eficiência hidroenergética permite retorno de aproximadamente 20 a 25% dos recursos em curto prazo e pode possibilitar a longo mais de 100% de retorno (MENKES; 2004). Ainda de acordo com a autora, a política de eficiência hidroenergética exige a consolidação de parcerias do setor público, privado e a participação social.

No cenário atual, tem se discutido meios eficientes para utilização de energia elétrica no setor de saneamento (WWAP, 2015; GHOSH *et al.*, 2016; KRAUSE, 2017). A respeito disso, Mala-Jetmarova *et al.* (2017) e Diniz (2015) ressaltam a importância de desenvolver novas práticas e procedimentos para redução de custo e perda de energia elétrica nos SAA's.

Bagirov (2013), Mala-Jetmarova *et al.* (2015) e Hoffman (2017) comentam que dos diversos estudos disponíveis na literatura grande parte das pesquisas foram desenvolvidas para a otimização de operação dos SAA's, visando, redução dos custos e perdas de energia elétrica com bombeamento de água.

Nesse sentido, é verificado estudos e experiências de autores pesquisadores realizados em diversas localidades do mundo com aplicação de técnicas de pesquisa operacional e otimização com a finalidade de reduzir as perdas de energia elétrica nos SAA's.

No ano de 1989, em Washington D.C, Ormsbee *et al.* (1989) propuseram metodologia para redução de perda de energia elétrica envolvendo duas fases básicas em um SAA local: o desenvolvimento de uma trajetória ótima de nível de água no reservatório e outra para operação ótima da bomba. Essa metodologia

possibilitou redução na perda anual de energia elétrica em 6,7%, se comparado ao custo previsto em projeto.

Na cidade de Austin, no Texas, em 1991, Brion e Mays (1991) realizaram experiências para redução na perda de energia elétrica do SAA da cidade. O estudo foi dissolvido por meio de modelo de otimização e simulação aplicado no sistema de bombeamento de água, com isso, conseguiram redução de 17,3% na perda de energia elétrica do sistema.

Em 1992, na pesquisa de Jowitt e Germanopoulos (1992) foi desenvolvido modelo de otimização linear para minimizar a perda de energia elétrica no bombeamento de água em um SAA no Reino Unido. Nesse modelo foi considerado a eficiência dos CMB's, a modalidade da tarifa, o perfil do consumidor e limitações operacionais da rede. A aplicação do modelo mostrou que a redução de perda de energia elétrica é possível. O método foi considerado com baixa utilização de tempo computacional, o que pode ser vantajoso na utilização em tempo real.

Considerando o método multiobjetivo proposto por Savic *et al.* (1996), Sotelo *et al.* (2001) apresentaram trabalho utilizando algoritmos evolucionários multiobjetivo para resolver o problema de programação ideal de bombas. Os objetivos do processo de otimização eram reduzir a perda de energia elétrica. Para os autores, o algoritmo produziu as melhores soluções para o problema proposto.

Na cidade de Sevilha, na Espanha, no ano de 2000, Leon *et al.* (2000) desenvolveram um sistema híbrido para gerenciar o SAA, após a sua aplicação, foi verificado nos resultados, redução de 25% na perda de energia elétrica.

Com o objetivo de reduzir a perda de energia elétrica, Kazantzis *et al.* (2002) propuseram metodologia para a otimização da operação de CMB's considerando dois objetivos, maximização do bombeamento no período de tarifa mínima e minimização com racionalização dos níveis dos reservatórios. A metodologia foi testada em parte do SAA de Murray Bridge, Austrália. Segundo os autores, os resultados apresentaram redução entre 15 e 20% na redução da perda de energia elétrica daquele sistema.

No estado de Goiás, Carrijo (2004) desenvolveu um modelo para otimização na operação de sistemas de distribuição de água. Esse modelo foi aplicado no

sistema de macro distribuição de Goiânia. O modelo proposto, apresentou redução de aproximadamente 25% na de perda de elétrica.

Cunha (2006) desenvolveu um modelo de otimização hidroenergética e foi aplicado por Pedrosa (2009) no sistema estudado na cidade de São Carlos, São Paulo. As estratégias operacionais produzidas pelo modelo indicaram redução na de perda de elétrica da ordem de 8,5% em relação aos custos diários de energia elétrica obtida por Pedrosa (2009) naquele sistema.

Em 2008, Toledo *et al.* (2008) desenvolveu uma proposta para modelo de otimização linear e modelo linear-inteiro para o problema de planejamento com vários reservatórios, considerando a redução da perda de energia elétrica. Testes computacionais mostraram que a solução do modelo linear-inteiro por softwares comerciais é muito lenta, não tendo sido obtida a solução ótima em tempo razoável para vários exemplares testados.

Bøaszczyk *et al.* (2012) estudaram o sistema de distribuição de água de Toronto, Canadá. Essa pesquisa teve a finalidade de desenvolver uma ferramenta capaz de gerar uma política de bombeamento para 153 bombas que atendam às necessidades quantitativas do sistema e redução da perda de energia elétrica. Esse modelo teve função que expressou a redução da perda de energia elétrica nas estações de bombeamento e restrições de balanço de massa com volumes agregados dos reservatórios apoiados e elevados.

Com foco na redução da perda de energia elétrica, Gebrim (2013) desenvolveu modelo de otimização operacional e aplicou ao estudo de caso do SAA do Descoberto, no Distrito Federal. Como resultado, verificou-se que a operação com esse modelo atendeu às demandas de água nos nós de consumo e manteve os níveis dos reservatórios dentro dos limites definidos. A perda de energia elétrica foi inferior ao observado na operação do centro de controle.

Sousa e Soares (2014) desenvolveram modelo para otimização da operação de sistemas de distribuição de água utilizando o algoritmo genético multiobjetivo SPEA, levando em consideração a redução da perda de energia elétrica. A aplicação do modelo mostrou-se promissora, uma vez que, os resultados mostraram que podem ser produzidas estratégias operacionais que reduzem a perda de energia

elétrica e a quantidade de vazamentos na rede de distribuição de água, e, ao mesmo tempo, não comprometem a confiabilidade desse sistema hídrico.

Na pesquisa realizado por Balestieri e Vilanova (2015) foi verificado que a aplicação de medidas de eficiência hidráulica e hidroenergética foi capaz reduzir cerca de 25 a 50% na perda de energia elétrica nos SAA's brasileiros.

Sobrinho e Borja (2016) realizaram estudo no SAA operado pela Embasa, Salvador, Bahia, com o objetivo de analisar fatores que influenciaram na gestão das perdas de água e energia. Diante disso, verificou-se que o sucesso das ações para o uso eficiente da água e energia, obrigatoriamente, exige a superação das abordagens parciais e voltadas para a dimensão técnico-operacional, devendo-se incorporar a noção da complexidade e o caráter intersetorial e integrado.

Apenas a implementação de ações não é suficiente, sejam elas administrativas ou operacionais, como proposto por Tsutiya (2001) (MARQUES, 2007). É importante, a definição de metas, responsáveis e efetivos acompanhamentos de acordo com programa de gestão hidroenergética (GOMES, 2012). Isto, evidencia a necessidade de considerar os diversos fatores que influenciam a gestão de perdas e energia quando da concepção de programas de controle (SOBRINHO; BORJA, 2016).

3.4 EFICIÊNCIA HIDROENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A demanda por energia elétrica no setor de saneamento requer cada vez mais atenção, principalmente em função do cenário atual de elevadas perdas de água e da crescente preocupação com a sustentabilidade energética brasileira. Nesse sentido, a eficiência da operação dos sistemas urbanos de saneamento é de grande relevância para mitigação dos impactos da dinâmica urbana no uso dos recursos hídricos e no consumo de energia elétrica visando desenvolvimento social, ambiental e econômico (REGO, 2016).

3.4.1 Avaliação da Eficiência Hidroenergética

A avaliação da Eficiência Hidroenergética dos sistemas de abastecimento de água pode ser realizada de diversas maneiras, como com o uso de indicadores de desempenho e balanço hídrico

O termo indicador é originário do Latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (HAMMOND *et al.*, 1995).

Para Siche *et al.* (2007), o termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais.

Os indicadores são importantes, pois permitem retratar a situação dos sistemas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e comparar sistemas distintos de abastecimento de água.

Os indicadores servem tanto para saber o nível atual do volume perdido de água, definir metas de onde se quer chegar, bem como, medir o desempenho ao longo do tempo, sendo fundamental seu cálculo periódico. É um instrumento de apoio ao monitoramento do sistema, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva (ALEGRE *et al.*, 2006).

Para Bellen (2006), o objetivo principal dos indicadores é o de agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente. Os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando melhorar com isso o processo de comunicação. Os indicadores se referem fundamentalmente a valores estabelecidos ou desejados pelas autoridades governamentais ou obtidos por um consenso social.

A utilização de indicadores para avaliação de sistema de abastecimento de água é cada vez mais comum, pois permite um conjunto de dimensões e variáveis específicas explicitadas por meio de dados quantitativos que permitem estabelecer

um cenário sobre o nível de desempenho da prestação dos serviços de abastecimento de água (BEZERRA, 2012).

Os indicadores permitem avaliar o comportamento dos diversos componentes do SAA, auxiliando na identificação das possíveis causas de desabastecimento antes que as mesmas tragam consequências para os consumidores, aumentando a confiabilidade do sistema.

A ISO 24512:2007 recomenda o uso de indicadores de desempenho entre os vários instrumentos de avaliação. Devem ser utilizados em sistema abrangente de avaliação, tendo que ser adequados para representar aspectos relevantes do serviço. Os indicadores de desempenho são tipicamente expressos como relação entre variáveis, permitindo comparações ao longo do tempo ou entre sistemas. As variáveis podem ser dados gerados internamente ou externamente pelo sistema.

As informações primárias de abastecimento de água no Brasil estão agrupadas no SNIS em: informações gerais, de balanço, operacionais de água e financeiras, parte dessas informações primárias é relacionada em indicadores disponibilizados no SNIS, os quais têm sido utilizados para a avaliação do atendimento com água potável nos municípios brasileiros. O SNIS foi criado em 1996, ligado ao Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), para disponibilizar informações com qualidade ao setor saneamento, com a versão inicial constituída por dados de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do ano de referência 1995.

A metodologia de trabalho do SNIS abrange as fases de coleta (busca de informações primárias que são analisadas e transformadas em indicadores no SNIS), tratamento (processo de análise e correção de erros; cálculo dos indicadores; composição de tabelas de trabalho), organização e armazenamento (apresentados em tabelas, no glossário e em listas dos indicadores calculados e expressões de cálculo) e recuperação e divulgação dos dados registrados na base desse Sistema (impressos, CD-ROM e Internet) (BRASIL, 2012).

O Quadro 6 apresenta os indicadores relacionados ao volume perdido de água e ao consumo e despesa de energia elétrica nos sistemas de abastecimento público de água.

Quadro 6. Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Indicadores	Unidade
Índice de perdas faturamento	Percentual
Índice de perdas na distribuição	Percentual
Índice bruto de perdas lineares	m ³ /dia/km
Índice de perdas por ligação	l/dia/lig.
Consumo total de energia elétrica em SAA	kWh
Índice de despesas por consumo de energia elétrica em SAA	R\$/kWh
Volume de água disponibilizado por economia	m ³ /mês/economia
Consumo de energia elétrica em SAA	Wh/m ³

Fonte: SNIS, 2014.

No caso do abastecimento público de água, o banco de dados do SNIS, é formado por informações institucional, administrativa, econômico-financeira, técnico-operacional e da qualidade, fornecidas, voluntariamente, pelos prestadores de abrangência regional e microrregional, além de prestadores locais de direito público (serviços municipais) e de direito privado (empresas e administração públicas e privadas), com dados referentes ao próprio município (BRASIL, 2012).

A *International Water Association* – IWA, que representa cerca de 130 países, desenvolveu um sistema de indicadores de desempenho para serviços de água, os quais estão se tornando uma referência mundial no setor. Esse sistema é uma poderosa ferramenta de gestão para empresas prestadoras de serviços de água, independentemente de seus níveis de desenvolvimento e das suas características regionais, como clima, demografia e cultura.

Sarzedas e Tsutiya (2011) relatam que os indicadores de desempenho da IWA incluem indicadores de recursos hídricos, de pessoal, físicos, operacionais, de qualidade de serviço e financeiros. Como esses indicadores cobrem praticamente todos os aspectos dos serviços de água, é possível selecionar algum grupo de indicadores para a análise do sistema de distribuição de água de um ponto de vista específico.

Segundo Tsutiya (2008) e Brasil (2016), no indicador geral de perdas na distribuição de água, índices superiores a 40% representam más condições do sistema quanto às perdas. De 25% a 40% estão os sistemas com índices de perda em condição intermediária. Valores abaixo de 25% indicam sistemas com bom gerenciamento de perdas.

A aplicação de indicadores torna mais fácil a compreensão da realidade do sistema, de acordo com a necessidade e objetivo a ser alcançado, uma vez que a partir da condensação das informações é possível definir o público alvo, tornando mais fáceis o entendimento e a utilização do processo decisório.

O grande número de indicadores na literatura técnica acaba dificultando a avaliação do impacto do volume perdido de água no desempenho do SAA, razão para a necessidade de modelos que possibilitem o melhor entendimento da situação.

De acordo com a visão econômica, as perdas de água nos sistemas de abastecimento público geram desperdício dos recursos públicos, o que normalmente é repassado para o usuário. A redução dos gastos referentes às perdas propiciaria maior aproveitamento do sistema existente, direcionando a aplicação dos recursos economizados para melhorias necessárias.

Com base nos indicadores apresentados é visível a falta de modelo a ser utilizado para avaliar desempenho hidroenergético em SAA, pois, os indicadores existentes não apresentam o quanto cada unidade influencia nas outras em termos de consumo de energia elétrica. Portanto, não se tem ideia se a relação entre elas está sendo benéfica para o SAA no ponto de vista hidroenergético.

3.4.1.1 *Balanço Hídrico da IWA*

O Balanço Hídrico de um SAA é uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos, usos e das perdas de água no sistema e os seus valores absolutos ou relativos. É uma poderosa ferramenta de gestão, pois daí podem ser gerados diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais (MELATO. 2010).

O balanço hídrico tem a função de estimar os volumes consumidos nas diversas etapas de fornecimento de água, ou seja, controla o fluxo de água desde a entrada no sistema, passando pela rede de distribuição, até o ponto de consumo dos usuários (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Puust *et al.* (2009) afirmam que os métodos de avaliação podem ser classificados como *Top-down* e *Bottom-up*. Na abordagem *Top-down* considera-se

inicialmente o sistema como um todo para, em seguida, considerar uma especificação genérica dos módulos que compõem o sistema. Por outro lado, no *Bottom-up* é feita a descrição detalhada dos elementos básicos que compõem o sistema, que são agregados em vários níveis para uma descrição completa.

A avaliação do volume perdido corresponde basicamente a uma auditoria das águas, através de técnicas de avaliação de perdas reconhecidas e aplicadas internacionalmente. Tem por objetivo subsidiar a empresa com dados e resultados de medições e sistemas de controle para redução de perdas no SAA (MELATO, 2010).

PENA, 2010 comenta que existem desvantagens em confiar apenas no Balanço Hídrico (método *top-down*) para avaliar as perdas reais, pois:

- a. Os erros acumulados dos outros componentes são associados à estimativa das perdas reais;
- b. O Balanço Hídrico cobre normalmente um período de doze meses, sendo assim limitado na identificação de novos vazamentos e rupturas não notificadas em início do período, e necessitando de controle ativo de vazamentos para limitar a sua duração;
- c. O Balanço Hídrico não oferece indicação de cada componente de perdas reais, ou como as mesmas são influenciadas pela política do prestador.

Para uniformizar a terminologia usada pelos técnicos das companhias de saneamento em todo o mundo, em 1997, a *International Water Association* (IWA) criou o Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água (*Water Loss Task Force*). Como parte dos resultados deste grupo, foi elaborado um balanço hídrico para os sistemas de abastecimento de água, em que se explicitavam as componentes das perdas, agora com as novas denominações “reais” (antes denominadas físicas) e “aparentes” (não físicas ou comerciais). A partir daí, foi delineado o arcabouço para os serviços de abastecimento, como mostra o Quadro 7 (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Quadro 7. Balanço Hídrico proposto pela IWA para sistemas de abastecimento de água.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc)	
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (micromedição)	
Perdas reais		Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição		
		Vazamentos e extravasamentos em reservatórios		
	Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)			

Fonte: Bezerra e Cheung (2013).

Para cálculo do volume perdido de água são necessários dados de volume anual de entrada no sistema, consumo autorizado (faturado e não faturado) e as perdas comerciais e pela diferença são obtidas as perdas reais. As definições dos termos adotados na matriz da IWA são as seguintes:

- a. **Volume de entrada no sistema:** este volume representa o somatório dos volumes referentes às fontes (superficial ou subterrâneo) somadas ao volume de água importada.
- b. **Consumo autorizado:** refere-se ao volume de água medido e/ou não medido utilizado por consumidores cadastrados na empresa, somado com os volumes que são implicitamente ou explicitamente autorizados pela empresa.
- c. **Perdas aparentes:** correspondem ao volume de água consumido, mas que não é contabilizado pela companhia de abastecimento, ou seja, é a que não foi “fisicamente perdida”, mas não gerou receita a empresa.
- d. **Perdas reais:** representam o volume efetivamente perdido no sistema.
- e. **Consumo faturado medido:** é o volume de água anual que gera receita para a companhia prestadora de serviços e corresponde ao somatório dos valores

arrecadados nas contas de água medidas. É composto pelo volume medido nos hidrômetros.

- f. **Consumo faturado não medido:** corresponde ao estimado pelas companhias de abastecimento, relativo à economia onde não há hidrômetro, seja o consumidor de baixa renda ou não. Neste caso, em algumas companhias, cobra-se o volume de 10 m³ mensais.
- g. **Consumo não faturado medido:** é o consumo destinado aos clientes que a empresa dispensa o pagamento da conta de água mais o consumo interno medido da companhia.
- h. **Consumo não faturado não medido:** é o consumo destinado aos consumidores que a empresa dispensa o pagamento da conta de água e o volume não é medido.
- i. **Uso não autorizado:** é o volume que não produz receita.
- j. **Erros de medição:** é o volume decorrente do erro de medição dos contadores, que pode ser causado por falhas de fabricação, dimensionamento inadequado, instalação incorreta etc.
- k. **Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição:** é o volume de vazamentos que ocorre ao longo das adutoras e redes de distribuição.
- l. **Vazamentos e extravasamentos em reservatórios:** é o volume de vazamentos decorrentes do extravasamento de reservatórios.
- m. **Vazamentos em ramais prediais:** é o volume de vazamento que ocorre entre o colar de tomada e o cavalete residencial.

Os componentes do balanço hídrico podem ser medidos ou estimados por meio de várias técnicas. Todos os componentes devem ser quantificados sobre o mesmo período e expressos em termos volumétricos para efeito de comparação.

Vinciguera (2009) ressalta que todos os cálculos de balanço hídrico são aproximados, dada a dificuldade em avaliar todas as componentes com a exatidão desejável e sobre a mesma base temporal. A confiabilidade do cálculo tende a ser maior quando os volumes de entrada são adquiridos através de medição ou de macromedidores e quando toda a água distribuída é medida por medidores de clientes bem dimensionados e adequadamente mantidos e calibrados. Assim, é importante avaliar, de forma crítica, a exatidão e a confiabilidade de cada componente do balanço hídrico.

Costa e Pasqualetto (2012) avaliaram as perdas de água no sistema de abastecimento de Goiatuba, Goiás, no ano de 2010, através da aplicação do método balanço hídrico. Os resultados mostraram que o volume total perdido de água foi de 692.977 m³/ano, e representaram 32,94% do volume de entrada no sistema. Deste total, foram subdivididas em 246.581 m³/ano para perdas de faturamento, representando 35,58% do total de perdas, e 446.396 m³/ano para as perdas reais, com 64,42%, sendo estas as perdas predominantes em 2010 no SAA de Goiatuba.

O Balanço Hídrico da IWA é um indicativo das necessidades de avaliação de perdas de água nos sistemas. No entanto, com a crescente preocupação com o consumo de energética elétrica, o Balanço Hídrico não é satisfatório para avaliação de perdas hidroenergéticas, pois não contabiliza a quantidade de energia elétrica consumida e perdida ao longo do SAA. Além disso, ao efetuar o relacionamento direto do volume de água perdido com a quantidade de energia elétrica consumida na operação, não é possível identificar a quantidade de energia elétrica perdida, pois não se identificada a parcela de energia elétrica consumida em excesso (REGO, 2016).

Deste modo, esse não é indicado para agregar informações de consumo e perdas de água e energia elétrica, pois não apresenta visão geral para o tomador de decisões estratégicas, possa também ser ferramenta de identificação de melhorias. Diante da realidade descrita, a avaliação de SAA do ponto de vista hidroenergético tem reflexo direto na diminuição das despesas de SAA e, principalmente, diminuição nos custos ambientais das mesmas, quando se trata do uso irracional de água e energia elétrica.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo é classificado como pesquisa experimental, tendo como objeto de pesquisa o desempenho hidroenergético do SAA Utinga – Bolonha – Guanabara, considerando como principais variáveis o volume perdido de água e o consumo e despesas de energia elétrica.

O estudo experimental se inicia pela formulação do problema, que delimita as variáveis precisas e controladas que atuam no fenômeno estudado (PRODANOV, 2013). Para Oliveira, (2011), esse tipo de pesquisa consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Já segundo Marconi (2010):

A pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes. [...] Os efeitos observados são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é apreender as relações de causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

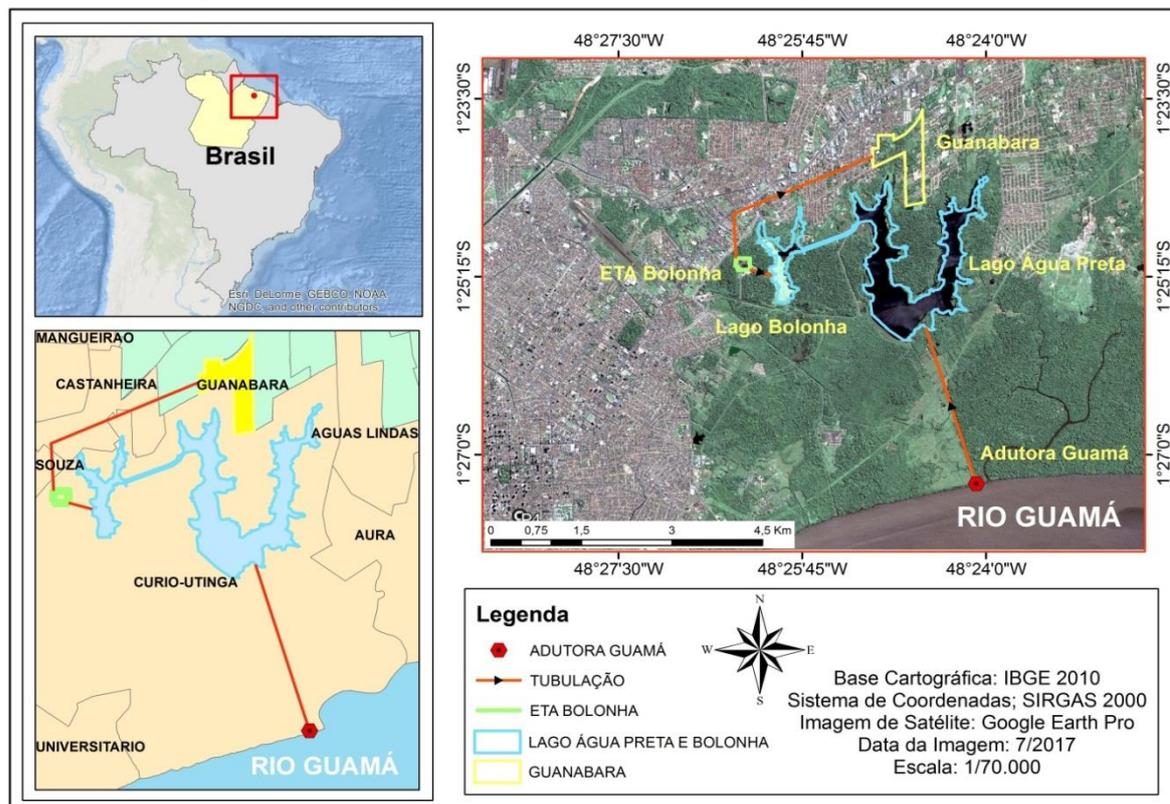
A pesquisa foi realizada no SAA Utinga – Bolonha – Zona de Expansão – setor de distribuição de água Guanabara. “O setor Guanabara está localizado sobre as coordenadas 1° 23' 55.880" S e 48° 25' 12.596" W, na Rua Jardim Esmeralda, no Bairro da Guanabara, município de Ananindeua, Região Metropolitana de Belém (RMB), no Estado do Pará.

O setor Guanabara corresponde ao 37º setor do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água Potável da RMB e tem gerenciamento operacional e comercial da Unidade de Negócios BR 316 (UN-BR) da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Vale comentar que a implantação desse setor foi concluída em julho de 1998.

A água bruta desse SAA é captada no Rio Guamá, passando pelos Lagos Bolonha e Água Preta antes de ser tratada na ETA Bolonha. Após essa etapa, a água tratada é armazenada em reservatório e bombeada para dois sistemas, no

caso o SAA Utinga – Bolonha – Zona Central e o SAA Utinga – Bolonha – Zona de Expansão, que encaminham volumes de água para diversos setores de distribuição do município de Belém e de Ananindeua, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3. Localização do setor Guanabara no município de Ananindeua.



Fonte: Autora (2017).

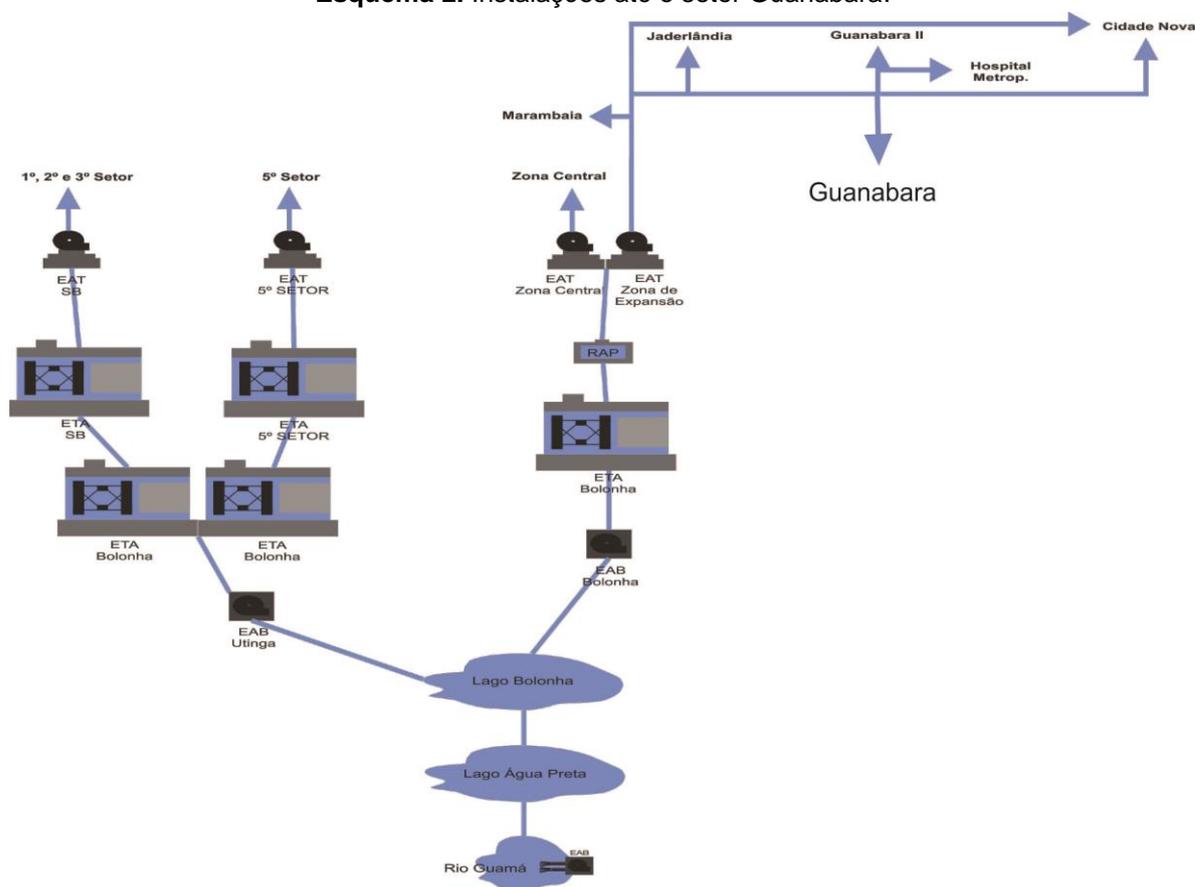
Antes de chegar ao setor Guanabara, o volume de água percorre diversas unidades e reservatórios localizados a montante, no caso:

- a. Estrutura de Captação e Tomada de água bruta no Rio Guamá;
- b. Estação Elevatória de Água Bruta do Rio Guamá (EAB Guamá);
- c. Adutoras da EAB Guamá até a caixa de transição a montante do Lago Água Preta;
- d. Canal de escoamento livre entre a caixa de transição e o Lago Água Preta;
- e. Lago Água Preta;
- f. Canal de escoamento livre de concreto (13 m³/s de capacidade) entre o Lago Água Preta e o Lago Bolonha;
- g. Lago Bolonha;
- h. Estação Elevatória de Água Bruta do Lago Bolonha (EAB Bolonha);
- i. Estação de Tratamento de Água do Bolonha (ETA Bolonha);

- j. Reservatório de Apoio de armazenamento de Água Tratada;
- k. Estação Elevatória de Água Tratada Bolonha – Zona de Expansão (EAT Bolonha/ZE);
- l. Adutora EAT Bolonha/ZE no sentido BR 316 e Cidade Nova;
- m. Setor Guanabara

No Esquema 2 pode ser observada a sequência das instalações citadas até o setor Guanabara, bem como instalações de outros sistemas de abastecimento de água potável que também utilizam água bruta captada no Rio Guamá (Bolonha – Zona Central, Utinga – São Brás e Utinga – 5º setor).

Esquema 2. Instalações até o setor Guanabara.



4.2 ETAPAS DO TRABALHO

O presente trabalho foi desenvolvido em 3 etapas: Etapa 1 – Levantamento de Dados, Etapa 2 - Detalhamento do desempenho hidroenergético no SAA Utinga – Bolonha – Guanabara e Etapa 3 - Aplicação da matriz SWOT para análise do desempenho hidroenergético.

Etapa 1: Levantamento de Dados

Nesta primeira etapa foi realizado o levantamento das informações necessárias para conhecimento da área de estudo, sendo realizada visita técnica e a coleta de dados em documentos operacionais e comerciais da COSANPA.

Os dados foram sobre volumes ($m^3/mês$) macro/micromedidos e estimados na entrada e na saída das unidades do sistema, consumo faturado, não faturado e não autorizado, erros de medição, dados da rede, pressão média, abastecimento intermitente e informação financeira. Também foram investigados os dados relacionados com o consumo de energia elétrica utilizada na operação, no caso consumo em kWh/m^3 , de despesas em reais e o indicador do consumo específico.

Para isso foram consultados documentos dos setores operacional e comercial da COSANPA, Relatórios Técnicos realizados pela equipe técnica do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica e m Saneamento, da Universidade Federal do Pará (LENHS UFPA) e trabalhos acadêmicos, dentre eles a Tese de Rego 2016.

O relatório do LENHS (2014) refere-se aos dados de monitoramento do Setor Guanabara, realizado de forma contínua no período de 17 a 24 de outubro de 2014, com medições a cada minuto totalizando 192 horas ou 8 dias, além de 4 dias complementares.

Como condição, foram utilizados dados que representaram o registro de vazão no período de 24 horas contínuas, pois assim facilitou a determinação do hidrograma de consumo e o consumo nas diferentes faixas do dia.

Os documentos e relatórios foram analisados com base nas categorias analíticas delimitadas para o estudo, a saber: aspectos técnicos, operacionais, administrativos e gerenciais.

De posse dos dados, foi feita a organização e tabulação dos mesmos utilizando o programa computacional *Microsoft Office Excel 2010*.

Etapa 2 – Detalhamento do desempenho hidroenergético no SAA Utinga – Bolonha –Guanabara

Nesta etapa foi detalhado o desempenho hidroenergético por meio da metodologia de Pereira e Condurú (2014), destinado ao registro:

- a. Dos volumes em Unidades e em Grupos de Unidades;
- b. Do consumo e despesa de Energia Elétrica por unidades consumidoras.

Para isso, os dados obtidos na etapa 1 foram registrados em duas fases, sendo a Fase 1 destinada à avaliação dos volumes de água, a Fase 2 à avaliação do consumo e da despesa de energia elétrica e ao detalhamento dos indicadores hidroenergéticos.

Fase 1: Detalhamento dos dados de volume de água por Pereira e Condurú (2014)

O volume perdido de água nessa etapa foi determinado pela matriz proposta por Pereira e Condurú (2014), no livro Abastecimento de Água: informação para eficiência hidroenergética¹. Os dados foram considerados em m³/mês de água para os volumes de água nas unidades (entrada e saída), importado, exportado, de água de serviço e de uso especial.

O monitoramento simultâneo dos volumes de água na entrada e na saída dos Grupos de Obtenção, de Processamento e de Distribuição melhora o detalhamento e aumenta o número de pontos de controle operacional, como mostra o Quadro 8.

Quadro 8. Dados de volume de água por unidade e Grupo do SAA.

Dados de Volume de Água (m ³ /mês)	Obtenção			Processamento					Distribuição			
	Captação	EAB	Aduutora AB	ETA	Sistema Auxiliar	Sistema A. Serviço	EAT	Aduutora AT	Res. Apoiado	Res. Elevado	Rede	Σ Consumo
Entrada												
Importado												
Exportado												
Serviço												
Uso especial												
Saída												

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

¹ O Livro Abastecimento de Água: Informação para Eficiência Hidroenergética é um dos produtos do convênio ECV-DTP 004/2010, firmado entre a ELETROBRAS, a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Fundação de Apoio à Pesquisa e a Extensão (FUNAPE). Esse Convênio foi coordenado pelo Prof. Heber Pimentel Gomes, do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da UFPB, para publicação de 5 livros relacionados ao tema eficiência hidroenergética no abastecimento de água.

As seguintes expressões foram utilizadas para calcular os valores de volume de perda de água (m^3 / mês) por grupo de unidade e no SAA:

a. Volume perdido no SAA:

$$VP = (O + P + D)$$

b. Volume de perda na Obtenção:

$$VPO = (C + EAB + AAB)$$

c. Volume de perda no Processamento:

$$VPP = (ETA + EAT + AAT)$$

d. Volume de perda na Distribuição:

$$VPD = (RAP + EATs + REL + REDE)$$

Em que: O - obtenção; P - processamento; D - distribuição; C - captação; EAB - elevatória de água bruta; AAB - adutora de água bruta; ETA - estação de tratamento de água; EAT - elevatória de água tratada; AAT - adutora de água tratada; RAP - reservatório apoiado; REL - reservatório elevado; REDE - rede de distribuição.

A diferença entre os dados de volume de água na saída e na entrada das unidades permitiu o detalhamento segmentado dos valores do volume perdido de água por unidade.

Também foram levantados os dados de volume referentes às atividades de faturamento e de arrecadação do setor comercial da COSANPA, já que o preenchimento do Quadro 9 possibilita a visão progressiva dos dados de volume ao longo do SAA estudado.

Quadro 9. Dados de volume de água no SAA.

Volume de água	SAA
Água Bruta (m^3 /mês)	
Água Tratada (m^3 /mês)	
Água de Serviço (m^3 /mês)	
Água Distribuída (m^3 /mês)	
Água Consumida (m^3 /mês)	
Água Perdida (m^3 /mês)	
Água Faturada (m^3 /mês)	
Água Arrecadada (m^3 /mês)	

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

Fase 2 –Detalhamento do consumo e da despesa de energia elétrica.

Inicialmente foram identificadas as Unidades Consumidoras de Energia Elétrica (UCEEs) no SAA Utinga – Bolonha - Guanabara, no caso o número de UCEEs e o consumo e despesa de energia elétrica no posto horário de ponta e fora de ponta.

Os dados de consumo de energia elétrica nas UCEEs foram relacionados no Quadro 10, sendo detalhados quanto ao posto horário de ponta e fora de ponta. Isso também possibilita o conhecimento do consumo de energia elétrica nos grupos de obtenção, processamento e distribuição de água no SAA.

Quadro 10. Consumo de energia elétrica por horário de funcionamento da unidade do SAA.

Dados de Consumo de Energia Elétrica (kWh/m ³)	Obtenção	Processamento					Distribuição
	EAB	ETA	EAT de serviço	ETA auxiliar	EAT auxiliar	EAT	EAT setor
Horas de ponta							
Horas Fora de ponta							
Total							

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

A soma dos valores das UCEEs resulta no valor total de consumo de energia elétrica no SAA, que foi calculado pela soma das parcelas do posto horário fora de ponta (CE_{fp}) e de ponta (CE_{hp}), através das seguintes expressões:

a. Consumo de energia no SAA

$$CE = CE_{fp} + CE_{hp}$$

b. Consumo de energia fora do horário de ponta

$$CE_{fp} = CE_{fp}(O + P + D)$$

c. Consumo de energia no horário de ponta

$$CE_{hp} = CE_{hp}(O + P + D)$$

Em que: CE – consumo de energia; CE_{fp} – Consumo de energia no horário fora de ponta; CE_{hp} – consumo de energia no horário de ponta; O - obtenção; P - processamento; D – distribuição.

Os dados de consumo de energia elétrica no posto horário de ponta e fora de ponta também foram relacionados com as despesas do prestador de serviço, em razão da importância para a gestão do SAA. Para isso, os dados das despesas de energia elétrica foram detalhados por unidade no Quadro 11.

Quadro 11. Dados de despesa de energia elétrica por unidade do SAA.

Dados de Despesa de Energia Elétrica (R\$ EE/mês)	Obtenção	Processamento				Distribuição	
	EAB	ETA	EAT de serviço	ETA auxiliar	EAT auxiliar	EAT	EAT setor
Horas de ponta							
Horas Fora de ponta							
Total							

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

A avaliação das despesas com energia elétrica permite a verificação do desempenho por unidade consumidora, identificando as de maior valor por unidade no SAA.

As despesas com energia elétrica também foram detalhadas quanto ao posto horário de ponta (DEhp) e fora de ponta (DEfp), bem como calculadas por unidade consumidora de energia elétrica, por meio das seguintes expressões:

a. Despesa de energia elétrica no SAA

$$DE = DEfp + DEhp$$

b. Despesa de energia elétrica no horário fora de ponta

$$DEfp = DEfp(O + P + D)$$

c. Despesa de energia elétrica no horário de ponta

$$DEhp = DEhp(O + P + D)$$

A atividade final da Fase 2 foi o detalhamento do consumo e da despesa total de energia elétrica no SAA, o que foi registrado no Quadro 12.

Quadro 12. Dados de energia elétrica que foram monitorados e registrados no SAA.

Dados de Energia Elétrica	SAA
Número de UCEE	
Consumo EE (kWh/mês)	
Horário de ponta	
Fora de ponta	
Despesa EE (R\$/mês)	
Horário de ponta	
Horário fora de ponta	

Fonte: Pereira e Condurú (2014).

Os dados de volume de água, de consumo e de despesa de energia elétrica foram ainda, relacionados em indicadores hidroenergéticos por posto horário (de ponta e fora de ponta) e por altura manométrica para cada unidade do SAA.

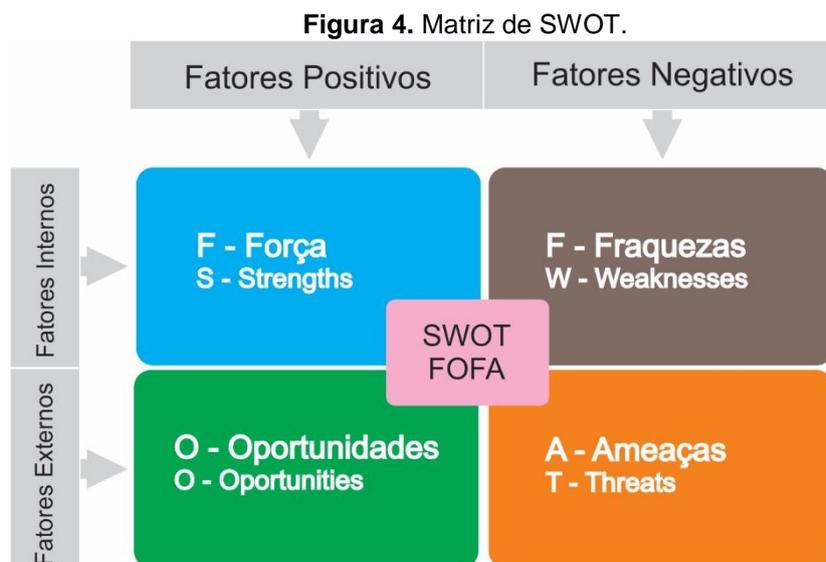
A utilização da altura manométrica possibilita o conhecimento do valor agregado da energia elétrica fornecida ao volume de água, permitindo a comparação dos resultados de instalações diferentes.

O detalhamento de indicadores hidroenergéticos por horário permite a identificação dos pontos que precisam de ações hidroenergéticas para melhorar o desempenho do SAA. Para isso, os indicadores hidroenergéticos foram relacionados ao volume perdido de água na unidade, no grupo de unidades e no SAA.

Os indicadores hidroenergéticos ainda foram combinados com informações de volume perdido de água e de energia elétrica, para avaliação de despesas nas UCEE e grupos de unidades do SAA.

Etapa 3:Aplicação da matriz SWOT para análise do desempenho hidroenergético do sistema abastecimento de água no setor Guanabara

O desempenho hidroenergético foi analisado a partir dos resultados da Matriz SWOT, conforme a Figura 4.



Fonte: Autora (2018).

Esse procedimento objetiva identificar os pontos positivos, negativos e as oportunidades de melhoria na aplicação do modelo para avaliação do desempenho hidroenergético no SAA, tendo como exemplo de aplicação o SAA Utinga- Bolonha – Setor Guanabara.

As Forças e Fraquezas são fatores internos (controláveis) que auxiliam e obstruem as organizações para alcançar sua missão, respectivamente. Oportunidades e Ameaças são fatores externos (incontroláveis) que permitem e incapacitam as organizações de cumprir sua missão, respectivamente (Phadermrod; Crowder; Wills, 2016). Ao identificar os fatores nesses quatro campos, a organização pode reconhecer suas principais competências para a tomada de decisões, o planejamento e a construção de estratégias (MAINALI *et al.* 2011).

Para a identificação das questões levantadas na matriz de SWOT foram consideradas:

- a. **FORÇAS:** fatores relacionados às vantagens que possui em relação às alternativas. Para defini-las, foram respondidas algumas perguntas como “Quais as suas melhores atividades?”, “Quais seus melhores recursos?” “Qual sua maior vantagem?”, entre outros.
- b. **FRAQUEZAS:** são as aptidões que interferem ou prejudicam de algum modo o andamento da alternativa. Pode-se encontrar as fraquezas da análise

SWOT utilizando os seguintes questionamentos “Exige mão-de-obra capacitada para escolha da alternativa?”, “Exige treinamento para escolha da alternativa?”, “Por que a outra pode ser escolhida?”, entre outros.

- c. AMEAÇAS: são forças externas que influenciam negativamente e devem ser tratadas com muita cautela, pois podem prejudicar não somente o planejamento estratégico da prestadora, como também, diretamente em seus resultados.
- d. OPORTUNIDADES: são forças externas que influenciam positivamente. Não existe controle sobre essas forças, pois elas podem ocorrer de diversas formas, porém, devem ser feitas pesquisas ou planejamentos que prevejam minimamente o acontecimento desses fatos.

Os itens nas quatro categorias (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) foram relacionados na tabela de análise SWOT. Para isso, foi utilizada uma planilha no programa computacional *Microsoft Office Excel 2010*.

Para a análise da matriz SWOT foi adquirida a *Planilha de Análise SWOT 4.0* da *Luz Planilhas Empresariais*, que além da estrutura para classificação de forças, fraquezas, ameaças e oportunidades, possibilita automaticamente o ordenamento e geração de medidas.

A planilha possui nove colunas e algumas subdivisões, contendo Instruções, Cadastro, Fatores internos, Fatores externos, Matriz SWOT, Cruzamentos, Planos de ação, Relatórios, DASHBOARDS como ilustrado na Figura 5.

Figura 5. Exemplo da Planilha de Análise SWOT.

	A	B	C	D	E	F	G	H			
1	LUZ Planilhas Empresariais		CADASTROS	FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS	MATRIZ SWOT	CRUZAMENTOS	PLANOS DE AÇÃO	RELATÓRIOS	DASHBOARDS	INSTRUÇÕES
2	ÁREAS DA EMPRESA			RESPONSÁVEIS							
3											
4	Responsáveis			Área							
5	-			-							
6	-			-							
7	-			-							
8	-			-							
9	-			-							

Primeiramente foram estudadas todas as instruções de utilização da planilha para conhecimento e melhor utilização.

No cadastro são listadas as pessoas que terão responsabilidade e os resultados específicos, criados automaticamente, de quem está tendo um bom desempenho e quem precisa melhorar. O cadastro se subdivide em áreas da empresa e responsáveis, Figura 6.

Figura 6. Exemplo da Planilha de Análise SWOT – Cadastro.

ÁREAS DA EMPRESA	RESPONSÁVEIS
-	-
-	-
-	-

Fatores Internos são os pontos passíveis de controle na empresa, dividem-se em Forças e Fraquezas. Cada um dos itens recebe uma classificação de acordo com a importância, intensidade e tendência, como mostra a Figura 7.

Figura 7. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Fatores Internos.

Item	Importância	Intensidade	Tendência	Pontuação

Fatores Externos correspondem aos aspectos não controláveis pela empresa, podem ser Ameaças ou Oportunidades. Assim como os fatores internos, cada item recebe uma classificação de acordo com a importância, intensidade e tendência, como observado na Figura 8. Vale ressaltar que a rotulação “intensidade” nos fatores externos é substituída por “urgência”.

Figura 8. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Fatores Externos.

Para o preenchimento da planilha primeiramente foram listados os fatores internos e externos. Cada um destes fatores foi classificado de acordo com o grau de importância, intensidade (ou urgência) e tendência. No final da classificação é gerada uma pontuação de cada item pela multiplicação dos valores de importância, intensidade e tendência. Posteriormente é realizada a soma da pontuação.

Na Tabela 1 estão descritos os atributos da classificação e as faixas de valoração utilizados nas análises da planilha da matriz SWOT. Vale observar que esta tabela é válida para classificação dos pontos listados como forças e oportunidades.

Tabela 1. Classificação dos itens da matriz SWOT – Forças e Oportunidades.

Atributo - Importância	Faixa de Valoração	Atributo - Intensidade	Faixa de Valoração	Atributo - Tendência	Faixa de Valoração	Atributo - Urgência	Faixa de Valoração
Sem importância	1	Muito Forte	5	Melhora muito	5	Nada urgente	1
Pouco importante	2	Forte	4	Melhora	4	Pouco urgente	2
Importante	3	Média	3	Mantém	3	Urgente	3
Muito Importante	4	Fraca	2	Piora	2	Muito urgente	4
Totalmente Importante	5	Muito Fraca	1	Piora muito	1	Pra ontem	5

Para classificação dos itens elencados como Fraquezas e Ameaças ocorre uma pequena mudança na faixa de valoração dos atributos, como observado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos itens da matriz SWOT – Fraquezas e Ameaças.

Atributo - Importância	Faixa de Valoração	Atributo - Intensidade	Faixa de Valoração	Atributo - Tendência	Faixa de Valoração	Atributo - Urgência	Faixa de Valoração
Sem importância	1	Muito Forte	1	Melhora muito	1	Nada urgente	1
Pouco importante	2	Forte	2	Melhora	2	Pouco urgente	2
Importante	3	Média	3	Mantém	3	Urgente	3
Muito importante	4	Fraca	4	Piora	4	Muito urgente	4
Totalmente importante	5	Muito Fraca	5	Piora muito	5	Pra ontem	5

Na Figura 9 é exemplificada a classificação dos pontos da matriz SWOT. Vale ressaltar que o preenchimento da planilha resultará na pontuação de cada item.

Figura 9 Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Classificação e Pontuação.

Item	Importância	Urgência	Tendência	Pontuação
XXXXXX	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
YYYYYY	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
ZZZZZZ	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
AAAAAA	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
WWWWW	Importante	Urgente	Melhora	36
Pontuação geral das suas Oportunidades				356

Na coluna matriz SWOT são listados os 5 itens mais importantes de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, como mostra a Figura 10.

Figura 10. Exemplo da Planilha de Análise SWOT - Matriz SWOT.

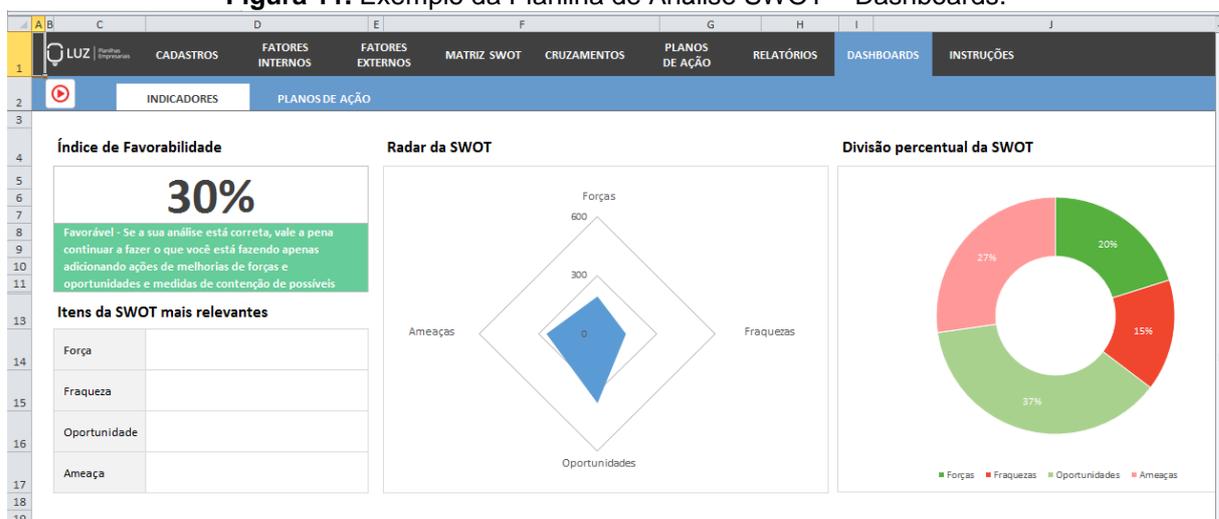
1. Fatores internos		2. Fatores externos	
1.1 Top 5 Forças	192	1.2 Top 5 Fraquezas	125
	60		25
	60		25
	36		25
	36		25
	0		25
2.4 Top 5 Oportunidades		2.2 Top 5 Ameaças	
	240		260
	80		100
	80		80
	80		80
	0		0
	0		0

No cruzamento são feitas as análises de quanto às forças e fraquezas estão influenciando a chance das oportunidades e ameaças acontecerem, além de já receber o tipo de estratégia que deve utilizar relacionado a esses itens. Já os planos de ações fazem o controle das ações, dos responsáveis, datas de início e término da atividade, bem como seu andamento a partir da sua Análise SWOT.

A partir do preenchimento das medidas mitigadoras, automaticamente a planilha gera relatórios em que são observados se a empresa está dando atenção para todos os itens levantados na Matriz SWOT e mostra alguns gráficos relacionados ao andamento dessas atividades.

Na coluna dos DASHBOARDS estão as informações sobre os planos de ação, desde o percentual de desenvolvimento de ações para os itens da matriz SWOT até um gráfico com o ranking das 5 áreas com mais ações planejadas, como mostra a Figura 11.

Figura 11. Exemplo da Planilha de Análise SWOT – Dashboards.



Após o preenchimento das abas dos fatores internos e externos, todos os resultados da análise SWOT foram disponibilizados em gráficos e indicadores. O primeiro a ser gerado foi o índice de favorabilidade que é calculado subtraindo as notas das forças e oportunidades pelas notas das fraquezas e ameaças. Por isso ele aponta para um percentual que varia de -200% a 200% indicando o equilíbrio do ambiente em que a empresa atua.

Sua fórmula é $IF = (((\text{Forças} + \text{Oportunidades}) - (\text{Fraquezas} + \text{Ameaças})) / ((\text{Forças} + \text{Oportunidades}) + (\text{Fraquezas} + \text{Ameaças}))) \times 2$.

Além do resultado do índice de favorabilidade foi disponibilizado a análise geral dos fatores internos e externos com uma pontuação, destacando assim, os fatores mais relevantes de cada metodologia, conforme Quadro 13.

Figura 12. Exemplo dos resultados da planilha de análise SWOT.



Quadro 13. Análise geral dos fatores internos e externos.

Fatores		Porcentagem	Diagnóstico
Interno	Forças	%	Se as forças forem mais altas ou iguais as fraquezas, mantenha esse resultado.
	Fraquezas	%	Se as fraquezas forem mais baixas ou iguais às forças, é um bom sinal.
Externos	Ameaças	%	Se as oportunidades forem mais baixas que as ameaças, vale a pena pensar em medidas para reduzir as ameaças.
	Oportunidades	%	Se as ameaças forem maiores ou iguais as oportunidades, isso indica um futuro preocupante.

De acordo com os resultados da aplicação da matriz SWOT será verificada a real situação do sistema de abastecimento de água para assim sugerir medidas de aperfeiçoamento do mesmo, buscando sempre a sustentabilidade ambiental e econômica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados do diagnóstico da situação e do desempenho hidroenergético do sistema de abastecimento de água Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente foram realizadas análises das atividades do projeto executivo, com visitas em campo e coletados dados em documentos da COSANPA e no relatório técnico do LENHS.

A captação de água bruta do SAA ocorre às margens do rio Guamá, em estação elevatória com quatro conjuntos motor-bomba de eixo vertical modelo 24 QL 19, 550 CV de potência e 24mca, que produzem 20.511 m³/hora. Essa vazão é encaminhada para duas adutoras de aço (diâmetros de 1.500 mm e 1.750 mm) e uma de concreto (diâmetro de 800 mm), (SODRÉ, 2007).

Posteriormente é feito o bombeamento para o lago Água Preta, o qual mantém o nível do lago Bolonha por gravidade por intermédio de um canal de ligação, em seguida os volumes são encaminhados para tratamento na ETA Bolonha.

Fotografia 1. Conjunto Motor Bomba da EAB do rio Guamá.



Fonte: Sodré (2007).

Fotografia 2. Sistema de adução e captação de água dos lagos e Canal de ligação dos lagos Bolonha e Água Preta.

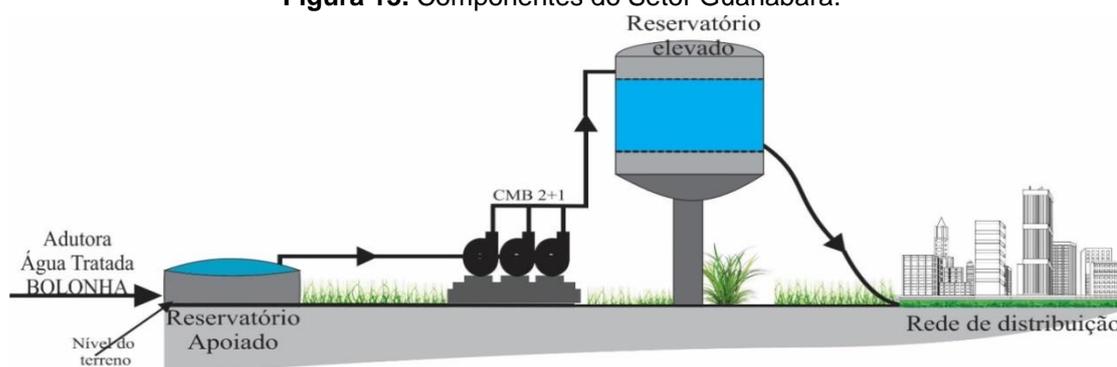


Fonte: Sodré (2007).

O volume de água tratado é armazenado em reservatório e, então bombeado para dois sistemas, no caso o SAA Utinga – Bolonha – Zona Central e o SAA Utinga – Bolonha – Zona de Expansão.

O setor de distribuição de água Guanabara recebe água bombeada da Elevatória de Água Tratada do SAA – Bolonha/ ZE transportado pela adutora sentido BR 316 – Cidade Nova. Vale observar que nessa elevatória também estão conectadas as adutoras sentido bairro da Marambaia e a adutora sentido Augusto Montenegro – Cidade Nova.

O setor Guanabara é constituído por uma subadutora de ferro fundido dúctil 300 mm, 1.188 m, conectada à adutora EAT Bolonha ZE – Cidade Nova; um reservatório apoiado (RAP) de 850 m³ de volume; uma estação elevatória de água tratada, com três conjuntos motor bomba, em sistema de operação 2+1; um reservatório elevado (REL) com 500 m³ de volume; e pela rede de distribuição de água, como mostra a Figura 13.

Figura 13. Componentes do Setor Guanabara.

O setor possui uma subadutora de ferro fundido dúctil de 300 mm de diâmetro, 1.188 m de extensão está conectada na adutora da EAT Bolonha/ZC, tendo registro de derivação instalado para realizações de medição de vazão e registro de manobra manual para controlar a vazão afluyente ao reservatório apoiado.

O reservatório apoiado do setor Guanabara possui estrutura de concreto armado com formato circular, com 850 m³ de volume útil, tendo altura total de 4,3 metros, altura útil de projeto de 3,8 metros e tubulação para extravasar o volume excedente instalada no nível máximo de água. O volume de entrada é controlado por manobra de registro na saída da subadutora.

Fotografia 3. Reservatório apoiado.

FONTE: Autora (2017).

O nível de água no reservatório apoiado do setor Guanabara é monitorado continuamente, sendo que o registro pode ser visualizado em tempo real em display instalado na sala do operador dentro do próprio setor e ainda é transmitido para os gestores da UN-BR.

Esse sistema telemétrico funciona a partir de informações de um sensor de nível ultrassônico no reservatório apoiado, sendo essas informações utilizadas no

acionamento e desligamento dos CMB e na manobra de registros da subadutora e da tubulação de recalque. Vale ressaltar que, todo o sistema de aquisição, transmissão e registro de dados foi desenvolvido pela equipe de macromedição da COSANPA e é ferramenta fundamental para análises hidroenergéticas.

A estação elevatória do setor Guanabara utiliza três Conjuntos Motor Bomba (CMB), alimentados com energia do Centro de Comando de Motores (CCM) para recalcar água do reservatório apoiado para o reservatório elevado, como observado na Fotografia 4.

Fotografia 4. Conjunto Motor Bomba.



FONTE: Autora (2017).

Os motores são de indução trifásicos da WEG, 60 cv, 1.775 rpm, categoria N, IP de proteção 54, REG S1 contínuo, tensões nominais de operação 220/440 V, correntes nominais de operação de 14,8/8,6 A. As bombas são da marca IMBIL, o modelo é ITAP e a família é 125-330 1.750 rpm.

As instalações elétricas da EAT Guanabara são alimentadas por meio de ramal de entrada subterrem média tensão (13.8 kV), atendidas através de contrato de fornecimento de energia elétrica com tarifação no Grupo A4 (água, esgoto e saneamento) na modalidade de tarifa Convencional.

O reservatório elevado de concreto armado é circular, de capacidade de 500 m³, altura útil de 7,0 metros e com tubulação de 300 mm para extravasar o volume excedente instalada no nível máximo de água. A tubulação de saída do RE é de fofa 400 mm de diâmetro, com registro instalado no mesmo compartimento dos CMB.

Da mesma maneira que no reservatório apoiado, o nível de água no reservatório elevado do setor Guanabara é acompanhado em tempo real na sala do operador e é transmitido, em intervalos de 6 minutos, pelo sistema de telemetria da COSANPA.

Pereira e Condurú (2014) ressaltam que o número de acionamentos e os horários de funcionamento dos CMBs são relacionados com o volume útil e a variação de nível de água nos reservatórios, com a vazão de água distribuída e com os valores de pressão na rede de distribuição de água. Por isso é importante a constante medição e controle operacional das grandezas hidráulicas e elétricas nessas unidades do SAA.

A rede de distribuição não é setorizada no setor Guanabara, possibilitando que parte do volume de água distribuído passe dos limites geográficos do Setor, quando, então, é consumido ou perdido em áreas de outros setores.

A rede é do tipo malhada com 4 anéis e tubulações principais entre 100 mm e 300 mm. No projeto executivo foi estabelecido que a rede atenderia uma área de 220,19ha, porém, na concepção projetada foram aproveitadas as tubulações existentes (4.365 m), totalizando 17.044 m de rede de distribuição de água na área atendida pelo setor Guanabara.

O setor de distribuição de água Guanabara atende população superior a 27.250 habitantes, com demanda calculada de 4.087,50 m^3/dia , com vazão máxima diária de 56,77 l/s (204.37m³/h) e vazão máxima horária de 85,16 l/s (306,57m³/h).

5.2 DETALHAMENTO DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO NO SAA UTINGA – BOLONHA – GUANABARA

Nesta etapa foram detalhadas as diferentes informações hidroenergéticas no SAA, sendo registrados os dados dos equipamentos eletromecânicos e das unidades do SAA.

Fase 1: Detalhamento dos dados de volume de água por Pereira e Condurú (2014)

Na primeira fase foram detalhados os volumes de água por unidade e por grupos de unidade de todo sistema, nota-se que a COSANPA não realiza monitoramento diário dos volumes de entrada e saída de água nas unidades, o que dificulta a caracterização precisa do sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

Assim, com as informações das planilhas da COSANPA e do relatório do LENHS UFPA, foi verificado que desse volume de água total que chega ao setor, apenas 20,8% (46.309m³/mês) são consumidos, considerando 250 l/hab.d de consumo *per capita* de água, 1.864 economias e 4,6 habitantes por economia de água.

No Quadro 14 são relacionados os dados de volume de água por unidade e por grupo de unidade do SAA. Na metodologia deste trabalho estava previsto o registro dos dados dos volumes de água importados, exportados, de serviço e de uso especial, porém a prestadora não tem conhecimento e, por conseguinte não disponibilizou os valores e assim foram feitas algumas alterações no Quadro.

Quadro 14. Dados de volume de água por unidade e Grupo do SAA.

Dados de Volume de Água (m ³ /mês)	Obtenção	Processamento			Distribuição	
	EAB	ETA	EAT	Adução AT	Rede (Outros setores)	Rede Setor Guanabara
Entrada (m ³ /mês) ZC	Não é objeto deste estudo	_____	_____	_____	_____	_____
Entrada (m ³ /mês) ZE	12.960.000	12.312.000	2.617.920	2.617.920	2.395.705	222.214

ZC: Zona Central; ZE: Zona de expansão.

O volume de água que chega ao setor Guanabara corresponde a 1,2% (222.214,00m³/mês) do volume total captado no sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

Os volumes do setor Guanabara estão descritos no Quadro 15. Nota-se que 79,2% do volume total distribuído corresponde ao volume perdido de água, 20,8% ao volume que é consumido e do volume consumido apenas 63,30 é arrecadado.

Quadro 15. Dados de volume de água no Setor Guanabara.

Volume de água	SAA
Rede de Distribuição (m ³ /mês)	222.214,00
Água Consumida (m ³ /mês)	46.309,00
Água Perdida (m ³ /mês)	175.905,50
Água Faturada (m ³ /mês)	30.539,00
Água Arrecadada (m ³ /mês)	29.317,00

Vale observar que o volume perdido (175.905,50) é proveniente de vazamentos, ligações clandestinas e abastecimento de outras áreas.

Os vazamentos em rede geral e em ramal predial na UN-BR e na área do Setor Guanabara são apresentados na Tabela 3, sendo obtidos de ocorrências de ordens de serviço das equipes de campo. Esses vazamentos contribuem para o grande volume de água que é utilizado (consumido) no setor.

Tabela 3. Demonstrativo do total de vazamentos na área do setor Guanabara.

Mês	Vazamentos			Ramal/Rede (%)
	Guanabara		Total	
	Rede	Ramal		
Janeiro	0	6	6	100,00
Fevereiro	0	5	5	100,00
Março	3	3	6	50,00
Abril	0	3	3	100,00
Maio	1	1	2	50,00
Junho	0	0	0	-
Julho	2	3	5	60,00
Agosto	1	5	6	83,33
Setembro	1	4	5	80,00
Total	8	30	38	78,95
Média	0,89	3,33	4,22	-

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Controle de vazamentos (2014).

Além disso, é importante observar que a falta de setorização provoca o encaminhamento de grande volume de água para áreas adjacentes ao setor Guanabara.

Assim, os vazamentos, a saída de água para outras áreas e as ligações clandestinas podem explicar a grande diferença entre os volumes de entrada e faturados no setor Guanabara.

Encontram-se instalados 1.436 ligações ativas no setor Guanabara, o que corresponde a 1.864 economias, conforme pode ser observado na Tabela 4, sendo

a maior parte das ligações (e economias) ativas do setor Guanabara da categoria residencial.

Tabela 4. Ligações de Água por categoria no setor Guanabara.

Ligações	Ativas	Inativas	Factíveis	Potenciais	Subtotal
Residenciais	1.380	1.431	1.371	173	4.355
Comerciais	43	67	136	5	251
Industriais	2	8	8	0	18
Públicas	11	0	2	2	15
Total	1.436	1.506	1.517	180	4.639

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara – Ligações (2014).

A mesma situação pode ser observada ao analisarmos os dados de economias de água no setor Guanabara, como pode ser verificado na Tabela 5.

Tabela 5. Economias de Água por categoria no setor Guanabara.

Economias	Ativas	Inativas	Factíveis	Potenciais	Subtotal
Residenciais	1.750	1.798	1.505	180	5.233
Comerciais	68	70	143	5	286
Industriais	2	8	8	0	18
Públicas	44	0	2	2	48
Total	1.864	1.876	1.658	187	5.585

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara – Economias (2014).

Vale observar que o valor da soma dos números de ligações inativas (1.506) e de ligações factíveis (1.517) é maior do que o valor de ligações ativas (1.436), ratificando que, grande parte da população consome água de forma indevida (clandestinamente) na área de abrangência da rede de distribuição de água do setor Guanabara.

Além disso, de acordo com técnicos da UN-BR, cerca de 700 economias da área adjacente gerenciada pela UN-NORTE são atendidas com água proveniente do setor Guanabara, em razão da falta de setorização da rede de distribuição de água, porém esses volumes não são contabilizados.

Aproximadamente 71,5% das ligações ativas, possuem hidrometração sendo possível verificar na Tabela 6. Contudo 41,18% dos hidrômetros tem mais de 10 anos de instalação, o que pode resultar em erro de medição do volume de água consumido.

Tabela 6. Hidrômetros na área do setor Guanabara de acordo com o ano de implantação e com a situação de água.

Ano	Hidrômetros no setor Guanabara		
	Ligados	Cortados	Subtotal
1998	91	146	237
1999	30	66	96
2000	21	24	45
2001	44	36	80
2002	11	11	22
2003	17	16	33
2004	5	8	13
2005	5	-	5
2006	3	5	8
2007	2	3	5
2008	7	1	8
2009	3	0	3
2010	11	4	15
2011	10	9	19
2012	195	71	266
2013	28	4	32
2014	573	16	589
Total	1056	420	1476

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara

Na avaliação da soma dos volumes consumidos (medido e estimado) é possível verificar que em média são consumidos 30.539 m³/mês no setor Guanabara. É importante observar a diferença de 18% entre os volumes (m³) estimados e medidos, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Volume Faturado (m³/mês).

Período	Hidrometrados	Não Hidrometrados	Total (m ³ /mês)	Estimado / Medido (%)
Set/13	18.049,00	12.181,00	30.230,00	67,49
Out/13	18.160,00	12.191,00	30.351,00	67,13
Nov/13	17.958,00	12.181,00	30.139,00	67,83
Dez/13	19.416,00	12.181,00	31.597,00	62,74
Jan/14	19.558,00	12.112,00	31.670,00	61,93
Fev/14	17.804,00	11.981,00	29.785,00	67,29
Mar/14	18.895,00	11.951,00	30.846,00	63,25
Abr/14	17.411,00	11.911,00	29.322,00	68,41
Mai/14	16.658,00	11.931,00	28.589,00	71,62
Jun/14	19.405,00	11.961,00	31.366,00	61,64
Jul/14	19.052,00	12.029,00	31.081,00	63,14
Ago/14	21.146,00	10.350,00	31.496,00	48,95
Média	18.626,00	11.913,33	30.539,33	64,29

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara - Faturamento e Arrecadação (2014).

Considerando o valor faturado em R\$/mês, é possível verificar a diminuição da relação valor faturado entre as ligações não hidrometradas e hidrometradas, que passou de 54,36% em setembro de 2013 para 38,78% em agosto de 2014, conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Valor faturado (R\$/mês).

Período	Hidrometrados	Não Hidrometrados	Total R\$/mês	Estimado / Medido (%)
Set/13	44.869,62	24.389,82	69.259,44	54%
Out/13	46.087,67	24.987,05	71.074,72	54%
Nov/13	42.979,18	24.953,89	67.933,07	58%
Dez/13	47.712,61	25.906,22	73.618,83	54%
Jan/14	49.932,08	24.124,45	74.056,53	48%
Fev/14	43.552,20	24.504,58	68.056,78	56%
Mar/14	47.286,27	23.256,00	70.542,27	49%
Abr/14	41.817,54	23.149,85	64.967,39	55%
Mai/14	39.040,16	23.110,36	62.150,52	59%
Jun/14	49.591,39	23.463,80	73.055,19	47%
Jul/14	46.378,51	23.134,34	69.512,85	50%
Ago/14	52.060,77	20.191,27	72.252,04	39%
Média	45.942,33	23.764,30	69.706,64	52%

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara - Faturamento e Arrecadação (2014).

Os valores arrecadados e faturados no setor Guanabara são relacionados na Tabela 9.

Tabela 9. Valor faturado e arrecadado (R\$/mês).

Valor (R\$/mês)			
Período	Faturado	Arrecadado	Arrecadado / Faturamento (%)
Set/13	69.259,44	62.475,44	90,20
Out/13	71.074,72	74.348,14	104,61
Nov/13	67.933,07	61.532,27	90,58
Dez/13	73.618,83	71.813,36	97,55
Jan/14	74.056,53	64.683,25	87,34
Fev/14	68.056,78	70.079,66	102,97
Mar/14	70.542,27	60.674,00	86,01
Abr/14	64.967,39	73.746,75	113,51
Mai/14	62.150,52	60.485,85	97,32
Jun/14	73.055,19	63.654,62	87,13
Jul/14	69.512,85	72.436,40	104,21
Ago/14	72.252,04	71.475,08	98,92
Média	69.706,64	67.283,74	96,70

Fonte: COSANPA, Diretoria de mercado (UN-BR): Guanabara - Faturamento e Arrecadação (2014).

Como pode ser observado, é pequena a diferença entre os valores faturados e arrecadados. Contudo, o grande número de ligações (economias) não atendidas, os possíveis vazamentos e a passagem de água do setor Guanabara para outras áreas indicam a necessidade de melhor avaliação do desempenho do setor Guanabara.

Fase 2 – Detalhamento do consumo e da despesa de energia elétrica.

Inicialmente, o detalhamento dos consumos e despesas de energia elétrica foi analisado o sistema de produção e tratamento de água superficial Rio Guamá – ETA Bolonha, identificando as unidades de montante que utilizam energia elétrica e que, portanto, agregam energia elétrica ao volume de água que chega ao setor Guanabara, no caso a EAB Guamá, a EAB Bolonha, a ETA Bolonha e a EAT Bolonha/ZE.

Na pesquisa foi constatado que a concessionária de energia elétrica emite apenas uma fatura para todas as unidades dos sistemas de produção, tratamento e elevação de água superficial localizados na área do Utinga. Em razão disso, a COSANPA utiliza valores percentuais para calcular a participação de cada unidade no consumo de energia elétrica, no caso:

- a. 30,56% da EAB Guamá;
- b. 22,23% da EAB Bolonha;
- c. 1,49% da ETA Bolonha;
- d. 11,15% da EAT Bolonha – Zona de Expansão (ZE).

Vale ressaltar que, provavelmente, essa divisão percentual não representa a realidade operacional, no entanto, por ser a prática da gestão da COSANPA, optou-se por utilizar na segmentação dos valores do consumo (kWh) e das despesas (R\$) de energia elétrica, o que resultou nos valores totais agregados de 81.419,91 kWh/mês de consumo e de R\$ 18.601,98/mês de despesas de energia elétrica nas unidades de montante ao setor Guanabara.

O volume de água distribuída (222.214,50 m³/mês) tem valor agregado de 82.982,60 kWh/mês, correspondendo a R\$ 37.183,63/mês de despesa total agregada de energia elétrica no setor Guanabara, como mostra o Quadro 16.

Quadro 16. Consumo e Despesas de energia elétrica por unidade do SAA.

Dados de Consumo de Energia Elétrica (kWh/m ³)	Obtenção		Processamento		Distribuição
	EAB	EAB BOLONHA	ETA	EAT	EAT setor Guanabara
	17.664,99	17.484,28	1.207,21	45.063,42	1.439,00
Dados de Despesa de Energia Elétrica (R\$ EE/mês)	4.035,92	3.994,63	275,81	10.295,63	18.581,65

*kWh/mês

A despesa com energia elétrica no setor Guanabara é de R\$ 0,084/m³, passando esse valor para R\$ 0,167/m³ quando considerada a agregação de energia elétrica nas unidades de montante.

O elevado consumo de energia elétrica no setor Guanabara está relacionado às válvulas de retenção, pois as mesmas não funcionam corretamente, fazendo com que a operação de acionamento e desligamento dos CMBs ocorra de forma inadequada, causando picos de consumo de energia elétrica, bem como colocando em risco a integridade dos mesmos.

Para diminuição das despesas com energia elétrica no setor Guanabara seriam necessárias mudanças na rotina operacional, como o controle dos níveis de reservação, para utilização de todo o volume útil do reservatório elevado, diminuindo dessa forma o número de acionamentos e desligamentos dos CMBs, que ocorrem de forma equivocada e por isso, aumentam o consumo de energia elétrica.

É oportuno comentar que, com os constantes reajustes tarifários de energia elétrica, o valor cobrado pode ter aumentado, sendo que a falta de monitoramento da rotina operacional das diferentes unidades consumidoras de energia elétrica da área do Utinga impede o conhecimento de aumentos segmentados do consumo de energia elétrica.

Nesta fase também foram feitas análises dos indicadores hidroenergéticos, objetivando meios para programas e ações hidroenergéticas para melhoria do SAA.

De acordo com o relatório realizado pela Equipe LENHS – UFPA, o bombeamento de água no posto horário de ponta foi de 1.185,54 m³ e no posto

horário fora de ponta foi de 6.517,85 m³ (Tabela 10). A soma desses volumes gerou uma despesa mensal de energia elétrica de 33.402,51 kW e R\$ 27.801,53.

Tabela 10. Valores hidroenergéticos dos volumes de operação do Setor Guanabara.

Vazão de Bombeamento		Despesas							
		Energia Elétrica		R\$					
(m ³ /mês)		kW (mês)		Mês		Total/mês	Ano		Total/ano
H.P	H.F.P	H.P	H.F.P	R\$/H.P	R\$/H.F.P	R\$	R\$/H.P	R\$/H.F.P	R\$
1.185,54	6.517,85	5.174,36	28.228,15	13.799,67	14.001,87	27.801,53	165.595,99	168.022,42	333.618,42

Legenda: H.P: Horário na Ponta; H.F.P: Horário Fora de Ponta.

Na Tabela 11 estão exibidos os valores de indicadores de eficiência hidroenergética do Setor Guanabara. Foi verificado que o consumo médio de energia elétrica do CMB 1 foi 0,22 kWh/m³ e do CMB 3 foi 0,21 kWh/m³.

No Consumo Específico Normalizado (CEEN) o CMB1 consumiu em média 0,59 por kWh/m³/100 mca. E o CMB 3 teve consumo médio de 0,56 kWh/m³/100 mca. Vale ressaltar que o CEEN é um indicador recomendado pela IWA, que pode ser entendido como medida indireta do rendimento médio dos CMB's.

Tabela 11. Resumo dos indicadores de linha base do Setor Guanabara.

Indicador do Setor Guanabara	Valor	Unidade
CEN Médio (CMB1)	0,59	kWh/m ³ /100mca
CEN Médio (CMB3)	0,56	KWh/m ³ /100mca
Gasto específico de energia elétrica (bombeado)	0,24	R\$/m ³
Gasto específico de energia elétrica	0,34	R\$/kWh
Demandas: contratadas de out 2013 a set de 2014 e registrada nas variações		
Demanda contratada	115	kW
Demanda registrada	88,32	kW

Fonte: Relatório técnico (2014).

O Fator de Potência médio verificado foi de 0,88, vale comentar, que os baixos fatores de potência provocam consumo e demanda de energia reativa excedente, naturalmente, impactando na despesa de energia elétrica.

A respeito disso, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece o valor de 0,92 como limite mínimo para fatores de potência de instalações elétricas,

portanto, o Setor Guanabara pode ser penalizado por meio de pagamento de multa pelo consumo e demanda de energia elétrica reativa excedente em 4,35%.

Considerando os resultados observados nesta etapa, é possível afirmar que o desempenho hidroenergético do setor Guanabara ainda é deficiente. Rego (2016) comenta que o conhecimento da infraestrutura do SAA é determinante para a eficiente gestão Hidroenergética, pois as lacunas dos dados dos cadastros hidráulico, elétrico e eletromecânico impedem o desenvolvimento de rotinas operacionais e de procedimentos de medição mais adequados, o que culmina em deficiência no setor comercial.

Os resultados indicam a necessidade de implementação de ações, sendo na etapa seguinte realizada a análise SWOT, a partir do diagnóstico dos pontos mais relevantes para a eficiência Hidroenergética do setor Guanabara.

5.3 APLICAÇÃO DA MATRIZ SWOT PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DO SISTEMA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO SETOR GUANABARA

Nesta etapa o desempenho hidroenergético foi analisado através da aplicação da matriz SWOT, sendo relacionados os pontos positivos, negativos, as oportunidades e ameaças do sistema, que podem vir a contribuir ou prejudicar o desempenho hidroenergético do SAA Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

O levantamento e identificação das informações (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) foi realizado na análise de documentos da COSANPA, relatório do LENHS UFPA e em reuniões com pesquisadores e técnicos que atuam no tema. Com isso, foram identificados 47 fatores, sendo 7 considerados como forças, 19 fraquezas, 11 oportunidades e 10 ameaças, conforme Tabela 12.

Tabela 12. Fatores da matriz SWOT.

FATORES INTERNOS		FATORES EXTERNOS	
FORÇAS	FRAQUEZAS	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Integração em sistema metropolitano	Necessidade de ampliação das instalações	Localização estratégica	Poluição/Contaminação do manancial
	Depreciação equipamentos		
Pessoal	Treinamento e capacitação	Disponibilidade hídrica	Falta de projetos ampliação, recuperação
	Controle ineficiente (macromedição)	Lei 11.445	
Rotina operacional de bombeamento	Abastecimento de outras áreas	Uso racional de água e energia elétrica	Necessidade de recursos para investimentos
	Despesas		
Proximidade da captação e tratamento	Perdas de água	Tecnologia disponível	Crescimento populacional
	Volume de água de processo	Aumento na eficiência da produção	
Utilização de água superficial	Bombeamento no Horário de Ponta	Linhas de financiamento	Ligações clandestinas
	Racionamento		
Qualidade do serviço	Base de dados	Aumento da arrecadação	Oscilação no fornecimento de EE
	Cadastro desatualizado		
Quantidade	Grande inadimplência das ligações ativas	Aumento do faturamento	Custo elevado e a possibilidade de aumento da EE
	Grande número de ligações inativas		
	Falta de setorização	Legislação vigente de qualidade de água	Perda da concessão do serviço
	Falta de micromedição		
	Falta de manutenção preditiva	Sistema de informação	Evasão de consumidores
	Tarifa baixa		
	Limitação da capacidade das unidades		Pagamento de multas

Posteriormente todos os fatores foram registrados na planilha de análise SWOT para diagnóstico da prestação do serviço. Para isso, foram listados os fatores internos, os quais são passíveis de controle dentro da empresa. Cada uma deles

recebeu uma pontuação (Tabelas 1 e 2) de acordo com sua importância, intensidade e tendência dentro do ambiente organizacional.

Os pontos mais relevantes da análise hidroenergética foram elencados e separados de acordo com a matriz SWOT. Primeiramente foi avaliado o ambiente interno do sistema no qual se estabeleceu duas relações, uma para forças e outra para as fraquezas. Esta análise é necessária para reconhecimento dos pontos fortes e fracos, que podem favorecer ou comprometer o desenvolvimento da organização.

Análise das Potencialidades do Sistema

Neste ponto foram identificados e descritos os atributos internos considerados como pontos fortes do Sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara, como mostrados na sequência a seguir:

- a. Integração em Sistema Metropolitano;
- b. Pessoal;
- c. Rotina operacional de bombeamento;
- d. Proximidade da captação e tratamento;
- e. Utilização de água superficial;
- f. Disponibilidade Hídrica.

A Integração no Sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara no sistema Metropolitano foi considerada um ponto forte do sistema, pois diminui os custos e centraliza o controle e as decisões operacionais no conjunto de unidades, o que facilita a distribuição equilibrada dos volumes de água tratada entre os diversos setores, bem como garante flexibilidade operacional apenas com manobras de registro, o que auxilia as situações energéticas do setor.

Esse sistema integrado conta com equipe estruturada e rotina operacional o que resulta em economia significativa de energia elétrica na captação e no tratamento de água, evitando custos adicionais hidroenergéticos em diferentes setores de distribuição de água.

Outros pontos positivos do sistema são a proximidade da captação e tratamento, pois reduzem os custos da empresa de saneamento e a utilização de água superficial, visto que facilita a captação, reduzindo os gastos com equipamentos e instalações.

A disponibilidade hídrica também foi considerada como ponto forte, pois o SAA – Utinga – Bolonha – Setor Guanabara conta com um grande volume de água acessível para captação.

Diante deste cenário observou-se que o sistema possui diversos pontos fortes e estes devem ser utilizados como diferenciais competitivos, de forma que o controle permita que permaneça ou ainda melhore a eficiência hidroenergética.

Considerando as atribuições de pontuação estabelecida na pesquisa, foi elaborada a planilha, conforme Figura 14. Nela constam todos os fatores considerados como potencialidades do sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

Figura 14. Fatores fortes da matriz SWOT.

LUZ Luz de Energia									
CADASTROS		FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS	MATRIZ SWOT	CRUZAMENTOS	PLANOS DE AÇÃO	RELATÓRIOS	DASHBOARDS	INSTRUÇÕES
FORÇAS		FRAQUEZAS							
Item	Importância	Intensidade	Tendência	Pontuação					
Integração em sistema metropolitano	Importante	Média	Melhora muito	45					
Pessoal	Importante	Forte	Melhora muito	60					
Rotina operacional de bombeamento	Importante	Média	Melhora	36					
Proximidade da captação e tratamento	Importante	Média	Melhora	36					
Utilização de água superficial	Importante	Forte	Melhora muito	60					
Disponibilidade hídrica	Muito importante	Forte	Melhora muito	80					

Análise das Fragilidades do Sistema

Na análise documental e nas visitas técnicas realizadas foi possível identificar diversos pontos fracos que representam as carências da estrutura física e organizacional do setor Guanabara, as quais afetam o desempenho hidroenergético, conforme descritos na sequência:

- a. Necessidade de ampliação das instalações;
- b. Depreciação de equipamentos;
- c. Deficiências de Treinamento e capacitação;
- d. Controle Ineficiente (macromedição);
- e. Abastecimento de outras áreas;
- f. Despesas;
- g. Perdas de água;

- h. Volume de água de processo;
- i. Bombeamento no horário de ponta;
- j. Racionamento;
- k. Base de dados;
- l. Cadastro desatualizado;
- m. Grande inadimplência de ligações ativas;
- n. Grande número de ligações inativas;
- o. Falta de setorização;
- p. Falta de micromedição;
- q. Falta de manutenção preditiva;
- r. Tarifa baixa;
- s. Limitação da capacidade das unidades;
- t. Qualidade do serviço.

A necessidade de ampliação das instalações foi considerada ponto fraco do sistema, pois a atual capacidade de reservação é menor do que o projetado, o que reduz o período de armazenamento de água nos reservatórios apoiado e elevado. Isso resulta em maior tempo de funcionamento constante dos CMBs, impactando negativamente no consumo e nas despesas de energia elétrica.

A depreciação de equipamentos torna o sistema ineficiente, pois aumenta as despesas operacionais com energia elétrica e provoca maior número de reparos nos equipamentos. Aliado a isso, as deficiências de treinamento e de capacitação dos funcionários prejudica as ações para reduzir os custos e aumentar a eficiência do sistema, especialmente nas questões relacionadas com perdas de água e desperdício de energia elétrica.

O controle ineficiente da macromedição prejudica o gerenciamento hidroenergético do sistema, pois os volumes não contabilizados não são faturados, que resulta em deficiências e despesas operacionais com impacto na arrecadação da empresa.

O abastecimento de outras áreas é uma forma de uso indevido do volume de água bombeado no setor Guanabara, prejudicando o abastecimento, aumentando as despesas e reduzindo a sustentabilidade hidroenergética do setor.

O volume perdido de água é um ponto negativo para o sistema, pois aumenta o consumo de energia elétrica e onera os custos de produção e distribuição. Paralelamente, o grande volume de água de processo é consequência de rotinas operacionais inadequadas.

O bombeamento no horário de ponta representa grande ineficiência hidroenergética no sistema, ao elevar as despesas com energia elétrica.

O racionamento em certos períodos de tempo prejudica a distribuição de água para população, sendo relacionado com as deficiências operacionais do setor.

O sistema não conta com base de dados operacionais e comerciais atualizada e a falta de cadastro de consumidores prejudica a cobrança e arrecadação do serviço prestado. Além disso, essa deficiência informacional é um dos motivos que dificulta a manutenção e melhor operação dos CMB's, impactando negativamente na eficiência hidroenergética.

A grande inadimplência de ligações ativas foi considerada como fragilidade do sistema, pois muitos consumidores utilizam e não pagam o serviço prestado. Além disso, é grande o número de ligações inativas que não são contabilizadas, o que gera déficit na arrecadação do serviço.

Outros pontos também foram considerados fracos como a falta de setorização, que aumenta o descontrole da vazão distribuída diariamente no setor.

A falta de micromedição impossibilita o conhecimento e pagamento do consumo individual que é registrado periodicamente e a falta de manutenção preditiva também é uma fraqueza, já que muitos equipamentos estão deteriorados ou operando de forma ineficiente.

A tarifa baixa e a limitação da capacidade das unidades foram consideradas como fragilidades, pois a tarifa cobrada pelos serviços de abastecimento de água da COSANPA é uma das mais baixas do país. Isso dificulta bastante a melhoria do

atendimento e a recuperação dos equipamentos que operam de forma inadequada, portanto, prejudicam a eficiência hidroenergética do setor Guanabara.

Como pode ser observado, os pontos fracos em maior número e frequência que os pontos fortes, demonstrando que o sistema possui grandes fragilidades que comprometem seriamente a prestação do serviço e diminuem a eficiência hidroenergética.

A partir das atribuições de pontuação estabelecida na pesquisa, foi elaborada a planilha, conforme Figura 15. Nela constam todos os fatores considerados como fragilidades do sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

Figura 15 Fraquezas da matriz SWOT.

LUZ Paróquia Empresarial									
CADASTROS		FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS	MATRIZ SWOT	CRUZAMENTOS	PLANOS DE AÇÃO	RELATÓRIOS	DASHBOARDS	INSTRUÇÕES
FORÇAS		FRAQUEZAS							
Item	Importância	Intensidade	Tendência	Pontuação					
Necessidade de ampliação das instalações	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Depreciação de equipamentos	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Deficiências de treinamento e capacitação	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Controle ineficiente (macromedição)	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Abastecimento de outras áreas	Muito importante	Muito forte	Piora muito	20					
Despesas	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Perdas de água	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Volume de água de processo	Muito importante	Muito forte	Piora muito	20					
Bombeamento no Horário de Ponta	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Racionamento	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Base de dados	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Cadastro desatualizado	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Grande inadimplência das ligações ativas	Muito importante	Muito forte	Piora muito	20					
Grande número de ligações inativas	Muito importante	Muito forte	Piora muito	20					
Falta de setorização	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					
Falta de micromedição	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Falta de manutenção preditiva	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Tarifa baixa	Muito importante	Muito forte	Piora muito	20					
Limitação da capacidade das unidades	Muito importante	Forte	Piora muito	40					
Qualidade do Serviço	Totalmente importante	Muito forte	Piora muito	25					

As informações a seguir referem-se à análise do ambiente externo do sistema. O estudo deste ambiente está direcionado para o acompanhamento constante dos fatores econômicos, políticos/legais, sociais, demográficos, culturais,

tecnológicos e naturais, pois a percepção da existência de oportunidades e ameaças nestes aspectos pode indicar qual o caminho que o SAA deve seguir.

A primeira análise aborda às oportunidades previstas para o sistema, que podem gerar grandes vantagens competitivas para organização. O essencial é que a análise seja realizada de forma constante e fundamentada na realidade dos fatores do ambiente externo, para que proporcione vantagem de competição à organização pela elaboração das estratégias (APPIO *et al.*, 2009).

Em seguida foram feitas as análises do ambiente externo, listando todos os fatores que poderiam ser oportunidades ou ameaças para o sistema.

Análise das oportunidades do Sistema

- a. Localização estratégica;
- b. Lei 11.445;
- c. Eficiência Hidroenergética;
- d. Tecnologia disponível;
- e. Aumento na eficiência da produção;
- f. Linhas de financiamento;
- g. Aumento da arrecadação;
- h. Aumento do faturamento;
- i. Legislação vigente de qualidade de água;
- j. Sistema de informação.

A localização estratégica representa uma significativa vantagem para o sistema, tendo em vista o crescimento populacional, com o aumento da urbanização, pois permite o aumento do número de consumidores, contribuindo para diminuição dos custos e aumentando a sustentabilidade do SAA.

Outra grande oportunidade pontuada é a adequação do sistema a Lei 11.445, com vistas ao uso racional de água e energia elétrica - Artigo 11, parágrafo 2º, inciso II e IV.

Com a busca da eficiência hidroenergética o sistema poderá contar com a redução dos gastos com energia elétrica. Outro fato seria a utilização da tecnologia disponível, possibilitando a utilização de sistemas de controle e equipamentos mais

modernos que resultariam em impactos positivos para eficiência hidroenergética no setor Guanabara.

O aumento na eficiência da produção possibilita a produção de menor volume de água, para atender a mesma quantidade de consumidores. As linhas de financiamento também foram consideradas como oportunidades, pois aumentam a capacidade de obtenção de recursos financeiros, para implementação de plano de investimentos e de ações de melhoria operacional voltados a eficiência hidroenergética.

Outras oportunidades para o sistema são o aumento da arrecadação e o aumento do faturamento, pois influenciariam no crescimento monetário da empresa.

O atendimento a legislação vigente de qualidade de água possibilitará o ganho de imagem de uma operadora focada em eficiência e preservação dos recursos naturais. O sistema também poderá contar com um sistema de informação para facilitar o monitoramento operacional e comercial.

A partir da descrição das possibilidades de melhoria das atividades do SAA, nota-se um grande número de oportunidades para o sistema nos diversos aspectos, o que pode vir a contribuir para sustentabilidade da prestação do serviço.

De acordo com as atribuições de pontuação estabelecida na pesquisa, foi elaborada a planilha de análise SWOT, conforme Figura 16. Nela constam todos os fatores considerados como oportunidades de melhoria da situação hidroenergética do sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara.

Figura 16 Oportunidades da matriz SWOT.

 CADASTROS FATORES INTERNOS FATORES EXTERNOS MATRIZ SWOT CRUZAMENTOS PLANOS DE AÇÃO RELATÓRIOS DASHBOARDS				
OPORTUNIDADES		AMEAÇAS		
Item	Importância	Urgência	Tendência	Pontuação
Localização estratégica	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
Disponibilidade hídrica	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
Lei 11.445	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
Eficiência Hidroenergética	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
Tecnologia disponível	Importante	Pouco urgente	Melhora	24
Aumento na eficiência da produção	Muito importante	Muito urgente	Melhora muito	80
Linhas de financiamento	Muito importante	Pouco urgente	Melhora	32
Aumento da arrecadação	Totalmente importante	Muito urgente	Melhora muito	100
Aumento faturamento	Totalmente importante	Muito urgente	Melhora muito	100
Legislação vigente de qualidade de água	Muito importante	Urgente	Melhora muito	60
Sistema de informação	Muito importante	Urgente	Melhora muito	60

Análise das Ameaças do Sistema

As ameaças são situações que ocorrem no ambiente externo da empresa e que precisam ser constatadas para elaboração de estratégias para minimização do impacto negativo (APPIO, *et al.*, 2009). Elas estão listadas a seguir:

- a. Poluição/Contaminação do manancial;
- b. Falta de projetos de ampliação/recuperação;
- c. Necessidade de recursos para investimentos;
- d. Crescimento populacional;
- e. Ligações Clandestinas;
- f. Custos elevados e possibilidade de aumento de energia elétrica;
- g. Perda da concessão do serviço;
- h. Evasão de consumidores;
- i. Pagamento de multas.

A poluição/contaminação do manancial é uma das ameaças para o sistema, pois aumenta os custos com produtos químicos e bombas. A falta de projetos de ampliação/recuperação impede o conhecimento dos dados de infraestrutura, o que é determinante para o bom planejamento e gestão hidroenergética em SAA.

A necessidade de recursos para investimentos foi classificada como ameaça, já que a arrecadação da empresa pode não ser suficiente para arcar com suas despesas. O crescimento populacional também poderá ser uma ameaça para o sistema, caso não sejam tomadas as medidas para ampliação das estruturas de reservação, bombeamento e distribuição de água.

Com as ligações clandestinas, o aumento da perda de faturamento será inevitável. Por sua vez, os custos elevados e a possibilidade de arrecadação no valor da tarifa de energia elétrica terá impactos significativos nas despesas do sistema.

A perda da concessão do serviço também foi caracterizada como ameaça ao sistema, pois a prestadora poderá ser questionada quanto a qualidade do serviço prestado e, com isso, sofrer sanções e até mesmo ter... perder o direito de continuar fornecendo o serviço a população. Outra ameaça relevante é a evasão de consumidores em razão da qualidade do serviço, dando margem para que muitos consumidores busquem outras alternativas de fornecimento de água, como abastecimento em poços próprios.

Com as despesas elevadas, funcionamento inadequado do sistema, e a possibilidade de multas, a gestão comercial do sistema estará prejudicada.

As ameaças apresentadas são de grande relevância e passíveis de controle, porém são altamente comprometedoras a prestação do serviço.

Na Figura 17 estão descritos todos os fatores considerados como ameaças a sustentabilidade do sistema Utinga – Bolonha – Setor Guanabara. A planilha foi elaborada com base na pontuação estabelecida na pesquisa.

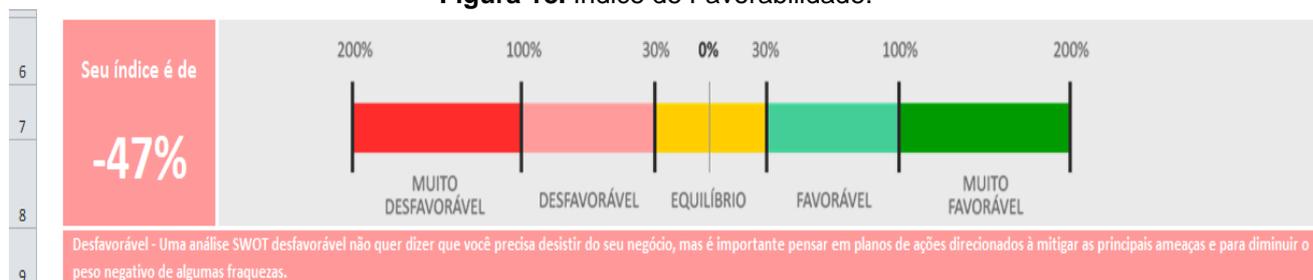
Figura 17. Ameaças da matriz SWOT.

Item	Importância	Urgência	Tendência	Pontuação
Poluição/Contaminação do manancial	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Falta de projetos ampliação, recuperação	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Necessidade de recursos para investimentos	Totalmente importante	Muito urgente	Piora muito	100
Crescimento populacional	Totalmente importante	Muito urgente	Piora muito	100
Ligações clandestinas	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Custo elevado e a possibilidade de aumento da EE	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Perda da concessão do serviço	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Evasão de consumidores	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125
Pagamento de multas	Totalmente importante	Pra ontem	Piora muito	125

Após a pontuação dos fatores internos e externos, foi verificado o índice de favorabilidade, que no modelo utilizado varia de -200 a 200% e mostra o ambiente em que o sistema esta inserido.

No caso do SAA Utinga – Bolonha – Setor Guanabara o índice de favorabilidade foi de -47%, indicando que o sistema encontra-se em um ambiente desfavorável, porém com possibilidades de melhoria, Figura 18.

Figura 18. Índice de Favorabilidade.

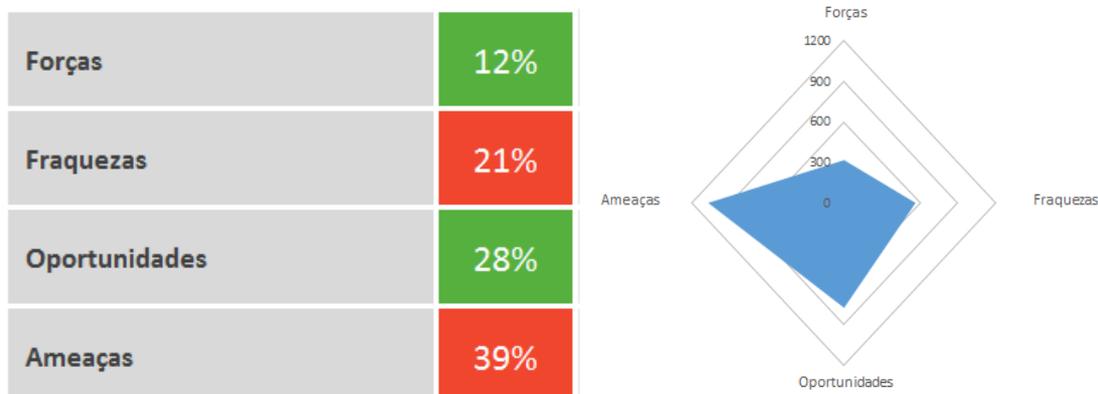


Em seguida foi verificado o índice geral dos fatores internos e externos com pontuação em porcentagem para observar os pontos mais relevantes da análise.

Para o SAA Utinga - Bolonha – Setor Guanabara, as ameaças foram os fatores que mais se destacaram (39%), seguida pelas oportunidades (28%). No

ambiente interno as fraquezas são maiores que as potencialidades do sistema, representando 21% e 12% respectivamente, como observado na Figura 19.

Figura 19. Índice geral dos fatores internos e externos.



No diagnóstico geral da análise SWOT é possível observar que mesmo com um cenário desfavorável, o SAA Utinga – Bolonha –Setor Guanabara está passível de grandes mudanças, tanto no ambiente interno quanto externo, podendo alcançar um índice de sustentabilidade hidroenergética.

Para isso, no Plano de Ação devem ser previstas ações de melhoria contínua, iniciando pela necessidade de instalação de macromedidores, para monitoramento contínuo dos volumes de água, tornando mais fácil a avaliação de perdas de água no setor Guanabara.

Também deve ser feita a padronização das rotinas para acionamento e paralisação dos CMBs, de manobra de registros e de utilização dos volumes úteis dos reservatórios apoiado e elevado, com a finalidade de diminuir ou evitar o funcionamento contínuo nos horários de ponta de tarifação de energia elétrica.

Ainda existe a necessidade de melhorar e/ou agilizar a comunicação entre os operadores do setor Guanabara e do Centro Operacional da COSANPA, bem com a necessidade de avaliar a rotina operacional em função do contrato firmado com a concessionária de energia elétrica.

A setorização e o combate aos vazamentos reduzirão a vazão a ser distribuída diariamente no setor Guanabara. Nesse momento, é oportuno a utilização de manual de operação para padronizar as atividades dos funcionários da COSANPA que desenvolvem atividades no setor Guanabara, como exemplos

podem ser citados as ações para o funcionamento dos conjuntos motor, a utilização da altura útil dos reservatórios, a manobra de registros, entre outras.

Outro ponto relevante é a realização de atividades de capacitação técnica, palestras, discussões de resultados e cobrança de responsabilidades, bem como a utilização de meios de comunicação internos na empresa.

Vale ainda comentar que os profissionais deverão ser treinados e capacitados nos conceitos e ações que envolvem a operação das unidades dos sistemas de abastecimento de água, hidrometria e aspectos comerciais, como combate a fraudes e ligações clandestinas.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos, sendo importante salientar que o desenvolvimento científico de todas as etapas foi baseado na situação real do sistema, indicando que a metodologia utilizada pode ser replicada em outros locais, regiões e países. Nesse sentido, na sequência são apresentados os aspectos conclusivos e as recomendações da pesquisa, tendo como finalidade avaliação do desempenho hidroenergético do SAA.

No SAA Guanabara, os principais problemas identificados foram: a má utilização do volume útil de água do reservatório elevado, as manobras de registro da tubulação de distribuição de água, as bombas operando com registros das tubulações de recalque estrangulados (portanto, fora do ponto de operação correto), bem como o considerável tempo de operação dos CMBs.

O diagnóstico hidroenergético possibilitou o real conhecimento da situação do setor Guanabara, portanto, é o primeiro passo para a implementação das mudanças operacionais propostas que objetivam melhorar o desempenho operacional do setor. Assim, na continuidade deste trabalho, as metas e ações hidroenergéticas propostas devem ser entendidas como marco na busca da sustentabilidade hidroenergéticas nos serviços de abastecimento de água prestados pela COSANPA no setor Guanabara.

Na análise do sistema, foram constatados diversos problemas hidroenergéticos, os quais resultam em aumento no consumo e na despesa de energia elétrica no setor Guanabara.

De acordo com a matriz SWOT, um cenário desfavorável não quer dizer que a prestadora tenha que desistir do seu negócio, mas é importante pensar em planos de ações direcionados a mitigar as principais ameaças para diminuir o peso negativo das fraquezas. É notória as grandes oportunidades de melhoria do setor Guanabara.

Assim, é possível concluir que a proposta de Pereira e Condurú (2014) para padronização das informações é indicado para se ter a ideia de eficiência hidroenergética de diferentes partes do sistema de abastecimento de água, bem como que a utilização da matriz SWOT é excelente alternativa de análise do sistema atual e para as futuras possibilidades de melhoria.

REFERÊNCIAS

- ABES. **Perdas em sistemas de abastecimento de água**: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.
- ABES. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**, Câmara Técnica de Gestão de Perdas - RS, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.
- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Eng Sanit Ambient**, [S.L], v. 18, n. 2, p. 115-122, abr./jun. 2013.
- ALEGRE, H.; COELHO, S. T. ALMEIDA, M.C.; VIEIRA, P.. **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Lisboa, Portugal: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) / Instituto da Água (INAG) / Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2005.
- ALEGRE, H. et al. **Performance Indicators for Water Supply Services**. 2 ed. London: IWA Publishing, 2006.
- APPIO, J.; SCHARMACH, A. L. da R.; SILVA, A. K. L. da; CARVALHO, L. C. de; SAMPAIO, C. A. C. Análise SWOT como diferencial competitivo: um estudo exploratório na Cooperativa Muza Brasil. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.3, n.3, p.01-18, Sem II. 2009.
- ARAÚJO NETO, M. S. **Medidas de Eficiência Energética em Serviços de Distribuição de Água e Saneamento**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- ARENA,C.; CANNAROZZO, M. FORTUNATO, A.; SCOLARO, I.; MAZZOLA, M.R. Evaluating Infrastructure Alternatives for Regional Water Supply Systems by Model-Assisted Cost-Benefit Analysis – A Case Study from Apulia, Italy. **Procedia Engineering**. p. 1460 – 1469, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 1216**: Projeto de Estações de Tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro. 1992.
- AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1987. **Water Treatment Plant Waste Management**. American Water Works Association Research Foundation.
- BAÑOS R, MANZANO-AGUGLIARO F, MONTOYA FG, GIL C, ALCAYDE A, GÓMEZ J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: a review. **Renew Sustain Energy Rev** 2011; 15:1753–66.
- BALESTIERI, J.A.P, VILANOVA, M.R.N. Exploring de water-energy nexus in Brasil: The electricity use for water supple. **Revista Energy**, n. 85, Abril 2015. p. 415-432.

BARRETO, G. C.; DE SÁ, R. S.; SÁ, J.H. M.; PEREIRA, J. A. R. Estimativa da energia elétrica consumida no bombeamento do volume de água não faturado no 3º setor de distribuição de água de Belém – Pará In: GOMES, H.P. (Org.). **Sistema de Saneamento: eficiência energética**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2010. p. 87-98.

BELLEN. Hans Michael Van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BELONI, A. C. V.; PAPELA. de P. Estudo de Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água. In: XIX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 2015, Poços de Caldas – MG. **Anais...** Poços de Caldas: ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, 2015.

BEZERRA, S. de T. M. et al.. DTA D2 - **Macromedição**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2009.

BEZERRA, S. de T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água: Tecnologias de Controle**. 1 ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2013. 220 p.

BEZERRA, G. C. M. **Avaliação da Sustentabilidade da Prestação dos Serviços de Abastecimento de Água em Municípios**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Pará, Belém PA, 2012.

BØASZCZYK, J., KARBOWSKI, A., KRAWCZYK, K., MALINOWSKI, K., & ALLIDINA, A. Optimal pump scheduling for large scale water transmission system by linear programming. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, nº 3, p. 91-96, 2012.

BRASIL. Núcleo Regional Nordeste. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Abastecimento de água: Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2. Salvador: RECESA, 2008.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4ª ed. ver. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2016.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acessado em: 15 fev. 2017.

BRION, L.; MAYS, L.; W. Methodology for Optimal Operation of Pumping Stations in Water Distribution Systems. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 117, Nº 11, p. 1551-1569, New York, NY, USA, 1991.

CARVALHO et al. Estudo sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió, In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7., 2004, São Luís. **Anais...**, 2004.

CASTANHO, M. J. P; OUTEIRO, V. H; HERNANDES, F. Uso de Programação Matemática Fuzzy para Reduzir Custos de Energia. Anais do XXXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional – CNMAC, Natal – RN, 2014.

CAVALIERE, A.; MAGGI, M.; STROFFOLINI, F. Water losses and optimal network investments: Price regulation effects with municipalization and privatization. **Water Resources and Economics**, 2017.

CHEUNG, Peter B. et al. Tecnologias de suporte a decisão para auxiliar a gestão hidroenergética em sistemas de abastecimento de água. In: GOMES, H.P. (Org.). **Sistema de Saneamento: eficiência energética**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2010. p. 227-245.

CHERCHI, C., BADRUZZAMAN, M., GORDON, M., BUNN, S., JACANGELO, J.G. Investigation of cost and energy optimization of drinking water distribution systems. *Environ. Sci. Technol.* 49, p. 13724-13732, 2015.

COELHO, A. C. **Micromedição em Sistemas de Abastecimento de Água**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

CONDURÚ, M.T.; PEREIRA, J.A.R. Informação estratégica para a gestão hidroenergética de sistemas de abastecimento de água. In: GOMES, H.P. (Org.). **Sistema de Saneamento: eficiência energética**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2010. p. 111-122.

CONDURÚ, M. T.; PEREIRA, J. A. R. Análise das informações de volume perdido de água no planejamento de sistemas de abastecimento de água em áreas urbanas no Brasil. In: XII Seminário Ibero-Americano sobre sistemas de abastecimento de água e drenagem, 2012, Coimbra, **SEREA**, v. 1. p. 1-8, 2012.

COSTA. C. C. R.; PASQUALETTO, A. **Estimativa dos tipos de perdas de água pelo método balanço hídrico no sistema de abastecimento de Goiatuba - GO**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2013, Goiânia. Anais. Goiânia: ABES, 2013.

COVAS, D.; RAMOS, H. **Minimização de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento**. In: Abastecimento de Água: O Estado da Arte e Técnicas Avançadas. 1ª ed., João Pessoa: Editora UFPB, 2007.

CUNHA, A. A. R. Otimização energética em tempo real da operação de sistemas de abastecimento de água. 2009. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

DENARO, S.; ANGHILERI, D.; GIULIANI, M.; CASTELLETTI. Informing the operations of water reservoirs over multiple temporal scales by direct use of hydro-meteorological data. *Advances in Water Resources*, n. 103, p. 51-63, 2017.

DIGHADE, R.R.; KADU, M.S.; PANDE, A. M. Challenges in Water Loss Management of Water Distribution Systems in Developing Countries. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, Maharashtra, India, v. 3, p.13838-13846, jun. 2014.

DINIZ, A.M.F., FONTES, C.H.O., DA COSTA, C.A., COSTA, G.M.N. Dynamic modeling and simulation of water supply system with applications for improving energy efficiency. *Energy Efficiency*, v. 8, 2015. p. 417-432.

DUTRA, R. F. E; ALTAFINI, C. R. Melhorias em um sistema de bombeamento municipal visando à Eficiência Energética – Estudo de Caso, **Scientia Cum Indústria** (Sci. Cum Ind.), vol. 2, p. 1-9, 2014.

EGENHOFER, C.; ALESSI, M. TEUSCH, J. NÚÑEZ-FERRER, J. Qual modelo econômico para uma Europa eficiente em água? **CEPS Task Force Reports**, 2012.

ELETROBRÁS. **Diagnóstico de eficiência energética em sistemas de bombeamento**. 2014. (Apostila: curso de diagnóstico de eficiência energética de sistemas de bombeamento).

ELEOTERO, B. C. **Redução de Custos com Energia Elétrica em Sistemas de Bombeamento – Estudo de Caso Sistema de Abastecimento de Água de Capinzal/Ouro – (SC)**. 2008. 94p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

EUROPEAN COMMISSION - **Good Practices on Leakage Management - EU Reference Document**, 2014.

FARLEY, M. et al. **The Manager's Non-Revenue Water Handbook – A Guide to Understanding Water Losses**, Ranhill Utilities Berhad and USAID, 2008.

FENZL, N.; MENDES, R. L. R.; FERNANDES, L. L. **A sustentabilidade do sistema de abastecimento de água: Da Captação ao Consumo de Água em Belém**. 1 ed. Belém: NUMA/UFPA, 2010. 140 p.

FONSECA, F. R. **Modelo de Sistema de Automação aplicado à setorização de redes de abastecimento hídrico**. 2011.155p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

FONTANA, M. E. **Modelo de Setorização para manobra em rede de distribuição de água baseado nas características das Unidades Consumidoras**. 2012. 115p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

FRACASSO, P. T. **Redução de Gastos com Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição de Água Utilizando Processos Decisórios de MARKOV**. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Edição Revisada. São Paulo, p. 132. 2014.

FRAUENDORFER, R.; LIEMBERGER, R. **The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water**, Asian Development Bank, 2010.

FURTADO, M. Combate a perdas de água tratada. **Hydro** , [SL], n. 124, p. 18-20, fev. 2017.

GEBRIM, D. V. B. Otimização Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água com Objetivo de Redução de Custo de Energia Elétrica. 2013. 120 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 120p, 2013.

GHOSH, R. KANSAL, A. AGHI, S. Implications of end-user behaviour in response to deficiencies in water supply for electricity consumption - A case study of Delhi Original Research Article. *Journal of Hydrology*, v. 536, May 2016, p. 400-408, 2016.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise Econômica de Projetos**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 114 p.

GOMES, H. P.; BEZERRA, S. T. M.. **DTA – Documento técnico de apoio nº D2: Macromedição**. 3.ed, João Pessoa, 2009.

GÓMEZ, P.; CUBILLO, F.; MARTÍN, F. J. **Comprehensive and efficient sectorization of distribution networks**. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, 2013.

GONÇALVES, R. D. O. **Análise das Perdas Físicas no Sistema de Abastecimento de Água de Santa Cruz do Sul, SC**. Universidade de Santa Cruz do Sul - SC. Santa Cruz do Sul. 2013.

HAMMOND, A.; et al. **Environmental Indicators: A systematic to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, D.C.: World Resources Institut, 1995.

HELLER, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. v. 1.

INSTITUTO TRATA BRASIL - *Perdas de Água: Entraves ao Avanço do Saneamento Básico e Riscos de Agravamento à Escassez Hídrica no Brasil*, 2013.

ISO – International Organization for Standardization. (2007c) ISO 24512. Activities relating to drinking water and wastewater services: guidelines for the management of

drinking water utilities and for the assessment of drinking water services. ISO TC 224, 54 p.

IWA – **International Water Association**, *About IWA – Who we are*.

JOWITT, P.W., GERMANOPOULOS, G. Optimal Pump Scheduling in Water Supply Network. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 118, n. 4, p. 416-422, 1992.

KRAUSE, A. ROTTER, V. S. Linking energy-sanitation-agriculture: Intersectional resource management in smallholder households in Tanzania. *Original Research Article Science of The Total Environment*, v. 590-591, p. 514-530, 2017.

KROCOVÁ, S. Water supply systems and their influence on increasing operational safety in industry. *Perspectives in Science*, n. 7, p. 236-239, 2016.

KUREK, W.; OSTFELD, A. Multiobjective water distribution systems control of pumping cost, water quality, and storage-reliability constraints. ***Journal of Water Resources Planning and Management***, v. 140, n. 2, p. 184-193, 2014.

LEON, C, MARTIN, S., ELENA, J. M., LUQUE, J. EXPLORE. Hybrid Expert Systems for Water Networks Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, v. 126, N° 2, p.65-74, New York , NY, USA, 2000.

MALA-JETMAROVA, H.; SULTANOVA, N.; SAVIC, D. Lost in optimisation of water distribution systems? A literature review of system operation. ***Environmental Modelling e Software*** 93, p. 209-254, 2017.

MAMADE, A. LOUREIRO, D. COVAS, D. ALEGRE, H. Energy Auditing As a Tool for Improving Service Efficiency of Water Supply Systems. ***Procedia Engineering***, Portugal, p. 557 - 564, 2014.

MAMADE, A.; CATARINA, S.; ANA MARQUES, A. LOUREIROA, D. HELENA ALEGREA, H. COVASC, D. Energy auditing as a tool for outlining major inefficiencies: results from a real water supply system. 13th Computer Control for Water Industry Conference, ***Procedia Engineering***, p. 1098 - 1108, 2015.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E.M. ***Metodologia científica***. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, M.C.S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E.C. (2007) Eficiência energética: teoria & prática. Itajubá: Fupai.

MELATO, D. S. ***Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água***

da região metropolitana de São Paulo. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MENKES, M. Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade. 295 p. Tese de Doutorado - Universidade de Brasília - Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnBCDS, Brasília, 2004.

Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS): Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – 2010. Brasília, 2012.

MORRISON, J.; TOOMS, S.; DEWI, R. **DMA Management** – Guidance Notes. IWA Publishing, 2007.

MOTTA, R. G. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NAZARKO, J.; et al. Application of Enhanced SWOT Analysis in the Future-oriented Public Management of Technology. **Procedia Engineering**, 182 p. 482 – 490. 2017.

NAZIF, S.; KARAMOUZ, M.; TABESH, M.; MORIDI, A. Pressure management model for urban water distribution networks. **Water Resources Management**, v. 24 p. 437-458. 2010.

NICOLINI, M.; ZOVATTO, L. Optimal location and control of pressure reducing valves in water networks. **Journal of Water Resources Planning and Management-Asce**, v. 135, n. 3 p. 178 – 187. 2009.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica:** um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: UFG, 2011. 72 p.: il. Manual (pós-graduação) - Universidade Federal de Goiás, 2011.

Olsson, G. Water and Energy. **IWA Publishing**, 2012.

ORMSBEE, L. E.; WALSKI, T. M.; CHASE, D. V.; SHARP, W. W. Methodology for Improving Pump Operation Efficiency. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, v. 115, n. 2, p. 148-164, New York, NY, USA, 1989.

OZCELIK, M. Alternative model for electricity and water supply after disaster. Süleyman Demirel University, Engineering Faculty, Geological Engineering, Isparta, Turkey, p. 1658-3655, 2017.

PALO, P. R. **Avaliação da eficácia de modelos de simulação hidráulica na obtenção de informações para diagnóstico de perdas de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PENA, M.M. 2010. **Aplicação e Análise de Metodologia IWA para o Controle de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Baixada de Jacarepaguá/RJ.**

Tese (Doutorado em Engenharia Civil). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

PEDROSA, L. A. F. Um Modelo de Operação de Sistemas Adutores de Abastecimento de Água com vistas a Minimização dos Custos Energéticos. Campina Grande, Paraíba. 174 p. Tese Doutorado - Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

PEREIRA, J. A. R.; GOMES, D. M.; DE SOUZA D. E. S.; E DO COUTO LUCIANO LOUZADA Variação da pressão dinâmica em redes de distribuição de água com e sem setorização. In: GOMES, H.P. (Org.). **Sistema de Saneamento: eficiência energética**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2010. p. 123-134.

PEREIRA, J. A. R.; CONDURÚ, M. T. **Abastecimento de água**: Informação para Eficiência Hidroenergética. 1 ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2014. 127 p.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J.P.S.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. **Revista Eng Sanit Ambient**, v. 21, n. 1, p. 159-168, 2016.

PHADERMROD, B.; CROWDE, R. M.; WILLS, G. B. Importance-Performance Analysis based SWOT analysis. **International Journal of Information Management**, 2017.

PILLOT, J. CATEL, L. RENAUD, E. AUGÉARD, B. ROUX, P. Up to what point is loss reduction environmentally friendly?: The LCA of loss reduction scenarios in drinking water networks. **Water Research**, v. 104, 1. p. 231-241, 2016.

PROCEL SANEAR. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica no Setor de Saneamento**. 2005.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed., Novo Hamburgo, 2013.

PUUST, R.; KAPELAN, Z.; SAVIC, D. A.; KOPPEL, T. A review of methods for leakage management in pipe networks. **Urban Water Journal**. v. 7 p. 25 – 45. 2010.

REGO, A. G. **Desenvolvimento e Aplicação de Modelo para Avaliação de Desempenho Hidroenergético de Sistemas de Abastecimento de Água**. 2016. 326p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) –Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, 2016.

RODRIGO, C.; LOPES, J.; SAÚDE, M.; MENDES, R., CASIMIRO, R. **Controlo Operacional em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. Lisboa: Europress, Lda. 2007.

SABESP. *Relatório Técnico - Abastecimento de Água na Região Metropolitana de São Paulo*, Diretoria Metropolitana, 2014.

SAIANI, C.C.S. **Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores**. 2007. 315 p. Dissertação (Mestrado em economia aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SANTOS, A. C. P. A., **Espacialização de informações na Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água utilizando Sistema de Informação Geográfica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Pará, Belém PA, 2010.

SARZEDAS, G. L.; TSUTIYA M. T. (*in memoriam*) Avaliação da deterioração estrutural de tubulações da rede de distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo. **Revista DAE**. p. 37 – 45, 2011.

SAVIC, D. A.; WALTERS, G. A.; SCHWAB, M. *Multiobjective genetic algorithms for pump scheduling in water supply*. Report No 92/02, University of Exeter, 1996.

SICHE, Raul et al. Índice versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente e Sociedade**. Vol. 10, N. 2, Dezembro, 2007.

SNIS - Sistema Nacional de informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2011. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 30 jan. 2017.

SHIMOMURA, M. **Sound Management for NRW Control – Turn a Vicious Circle into a Virtuous One**, Seminário SABESP, 2013.

SOARES, D. Desafios na Redução de Perdas de Água Frente à Crise Hídrica na Região Central de São Paulo, **Revista Saneas, AESABESP**, nº 55, Abril a Julho de 2015.

SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Eng Sanit Ambient**, [S.L], v. 21, n. 4, out./dez. 2016.

SOUZA, E.V. SILVA, M. A. C. Management system for improving the efficiency of use water systems water supply. **Procedia Engineering**, São Paulo, p. 458 – 466, 2014.

SOUZA JÚNIOR J. DO C. DE; **Distritos de Medição e Controle como ferramenta de gestão de perdas em redes de distribuição de água** (Dissertação) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), Bragança Paulista, 2015.

SOUSA, A. C.; SOARES, A. K. Modelo para otimização da operação de sistemas de distribuição de água utilizando o algoritmo genético multiobjectivo SPEA. **Exacta**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 313-324, 2014.

Sousa, A. C.; Soares, A. K. Modelo para otimização da operação de sistemas de distribuição de água utilizando o algoritmo genético multiobjetivo SPEA. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 313-324, 2014. DOI: 10.5585/ExactaEP.v12n3.5193

SURCO, D. F.; VECCHI, T. P. B.; RAVAGNANI, M. A. S. S. Otimização de um sistema de rede de distribuição de água usando técnicas e programação não-linear com solvers tipo DNLP. **XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Porto de Galinhas, p. 2246-2257, Ago. 2015.

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**, jan/abr2016.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI C. C. R.; RODRIGUES R. L. **Perdas de água: Entraves no Avanço do Saneamento Básico e Riscos de Agravamento à Escassez Hídrica no Brasil**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2013. 51 p.

TOLEDO, F. M. B., SANTOS, M. O., ARENALES, M. N., SELEGHIM JUNIOR, P. S. Logística de distribuição de água em redes urbanas: racionalização energética. *Pesquisa Operacional*, 28 (1), p. 75-91, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382008000100005>.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

TSUTIYA, M. T. **Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: RECESA, 2008. 139p.

VINCIGUERA, V. **Avaliação do impacto da redução de pressão nas perdas reais em setor de distribuição de água no município de Campo Grande – MS**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

VOTRE, R. **Automação no controle de perdas e redução de impactos ambientais em sistemas de abastecimento de água**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

WWAP. The United Nations World Water Development Programme Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO, 2015.

XU, Q. Improving water and energy metabolism efficiency in urban water supply system through pressure stabilization by optimal operation on water tanks. *Ecological Informatics*, 2015.

ZANIBONI, N.; TSUTIYA, M. T. Equipamentos e metodologia para o controle e a redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água. **Revista DAE**, Santo André – SP, 2009.

ZENG, X.T.; ZHANG, S.J.; HUANG, G.H.; ZHANG, P. A multi-reservoir based water-hydroenergy management model for identifying the risk horizon of regional resources-energy policy under uncertainties. *Energy Conversion and Management*, n. 143, p. 66-84, 2017.