



Universidade Federal do Pará
Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

RUBENS CHAVES RODRIGUES

**ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DE SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA**

Belém (PA)
2012

RUBENS CHAVES RODRIGUES

**ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DE SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA**

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

Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

Belém (PA)
2012

Dados Internacionais de Catalogação - na- Publicação (CIP) -
Biblioteca Central / UFPA, Belém - PA

Rodrigues, Rubens Chaves.

Análise do Desempenho Hidroenergético de Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/ Rubens Chaves Rodrigues, orientador Profº Drº José Almir Rodrigues Pereira. – 2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engº Civil, Belém, 2012.

1. Água – Energia Elétrica. 2. Água - Produção. – Marabá (PA). 3. Hidroenergética – Belém (PA). I. Título.

RUBENS CHAVES RODRIGUES

**ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDROENERGÉTICO DE SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA**

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

Data de aprovação: / /2012

Banca examinadora:

Membro **José Almir Rodrigues Pereira - Orientador**
Titulação Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Instituição Universidade Federal do Pará

Membro **Lindemberg Lima Fernandes**
Titulação Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido
Instituição Universidade Federal do Pará

Membro **Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez**
Titulação Doutorado em Geologia e Geoquímica
Instituição Universidade Federal do Pará

Prof. Claudio José Cavalcante Blanco, Ph. D
Coordenador do Programa de Pós-graduação

Belém (PA)
2012

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e me guiar até a realização dessa conquista.

A minha família por todo apoio e estímulo. Aos meus pais, Paulo e Terezinha, por sempre acreditarem e investirem na educação dos filhos. Aos meus irmãos, Ruth, Paula e Jeferson, por sempre estarem dispostos a ajudar no que fosse preciso.

Aos meus amores Talita, Nycole Vitória e Beatriz Vitória, pois tudo aconteceu em função delas.

À família Lemos, em especial Antônio, Cleuza, Ítalo e Patrick pelo apoio, incentivo e amizade.

Ao meu amigo e irmão professor Felix, pela participação direta na realização desse sonho.

A minha amiga Lindalva Moraes pelo incentivo e apoio na conclusão desse trabalho.

Ao Prof. José Almir Rodrigues Pereira, que soube dosar com sensibilidade e precisão os ingredientes necessários à tarefa de orientação: dedicação, solidariedade, cumplicidade, conhecimento e rigor científico. Muito obrigado, ainda, pela amizade e pelos ensinamentos nessa jornada de crescimento.

Aos amigos da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), Paulo Diniz, Ernane Silva, Antônio Matos e Edgleuberson Guimarães pelo apoio e incentivo na execução desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela oportunidade em concluir esse trabalho.

A todos que nos ajudaram direta e indiretamente à realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE QUADROS.....	9
LISTA DE FLUXOGRAMAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	10
LISTA DE GRAFICOS.....	10
LISTA DE MAPAS.....	11
LISTA DE ESQUEMA.....	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E ENERGIA	19
3.1.1 Demanda de água para o suprimento de energia.....	21
3.1.2 Demanda de Energia para o Suprimento de Água	23
3.1.2.1 Demanda de energia para o suprimento de água na agricultura	23
3.1.2.2 Demanda de energia para o suprimento urbano de água.....	25
3.2 ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	27
3.2.1 Definição de Energia.....	27
3.2.2 Intensidade Energética Ciclo de Uso da Água	28
3.2.2.1 Intensidade Energética do Ciclo de Uso da Água: o caso do Estado da Califórnia (EUA).....	29
3.2.3 Eficiência Energética	30
3.3 O CENÁRIO ATUAL HIDROENERGÉTICO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL.....	35
3.4 GESTÃO ENERGÉTICA EM COMPANHIAS DE SANEAMENTO BASICO	47
3.4.1 Sistemas de Gestão de Energia	48
3.4.2 Medidas para Redução do Custo de Energia Elétrica em SAA	50
3.4.3 Redução do Custo sem Diminuição do Consumo de Energia Elétrica	56
3.4.4 Redução do Custo pela Diminuição do Consumo de Energia Elétrica	58

3.4.5 Redução do Custo pela Alteração do Sistema Operacional.....	61
3.4.6 Redução do Custo pela Automação do SAA	64
3.4.7 Redução do Custo pela Geração de Energia Elétrica	67
3.4.8 Programas de Racionalização do uso de energia no Setor de Saneamento Básico	68
4 MATERIAL E MÉTODOS	71
4.1 FASES DA PESQUISA	72
4.1.1 Fase 1 – Análise Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.....	72
4.1.2 Fase 2 – Determinação de Indicadores de Desempenho dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.....	74
4.1.3 Fase 3 – Proposta hidroenergético para Sistema de Abastecimento de Água de Marabá/PA.....	76
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.1 Fase 1 – Análise Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.....	79
5.2 Fase 2 – Determinação de Indicadores de Desempenho dos Sistema de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.....	99
5.3 Fase 3 – Proposta hidroenergético para Sistema de Abastecimento de Água de Marabá/PA.....	106
6 CONCLUSÕES	109
7 REFERÊNCIAS.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – “Pegada hídrica” das principais fontes primárias de energia.	22
Tabela 2 – Variação da intensidade energética em etapas do ciclo de uso da água.	29
Tabela 3 – Evolução do volume de água produzido, população abastecida e índice de atendimento de água no Brasil, nos anos de 2001 a 2009.....	38
Tabela 4 – Porcentagem das despesas com SAA no Brasil em 2009.	39
Tabela 5 – Participação percentual das despesas com energia elétrica no total das despesas de exploração em companhias estaduais de água entre os anos de 2005 e 2009.	40
Tabela 6 – Consumo de energia elétrica em SAA das companhias estaduais de água entre os anos de 2005 e 2009.....	41
Tabela 7 – Despesas com energia elétrica em SAA de empresas estaduais de saneamento básico no Brasil entre os anos de 2005 e 2009.....	42
Tabela 8 – Intensidade energética nos SAA do Brasil entre os anos de 2005 e 2009.	43
Tabela 9 – Despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA do Brasil entre os anos de 2005 e 2009.....	44
Tabela 10 – Evolução da tarifa média de energia elétrica cobrada de prestadores de serviços públicos no Brasil.	45
Tabela 11 – Preço médio global do kWh consumido nos SAA das companhias estaduais de saneamento básico do Brasil.	46
Tabela 12 – Responsáveis pelo abastecimento de água nos núcleos urbanos de Marabá-PA	78
Tabela 13 – Número de ligações ativas, inativas e percentual de atendimento.	80
Tabela 14 – Informações financeiras dos SAA.....	82
Tabela 15 – Informações da produção de água que atende a Marabá Pioneira no ano de 2010.	87
Tabela 16 – Informações do consumo e custo com energia elétrica no SAA no ano de 2010.	88
Tabela 17 – Informações da produção de água que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova no ano de 2010.....	96

Tabela 18 – Informações do consumo e custo com energia elétrica no ano de 2010.	97
Tabela 19 – Resumo geral da análise operacional dos SAA's de Marabá/PA.	97
Tabela 20 – Relação do custo médio mensal com energia elétrica (R\$) pelo número de ligações (lig)	99
Tabela 21 – Preço médio global do kWh consumido do SAA de Marabá/PA.	100
Tabela 22 – Despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA de Marabá/PA no ano de 2010.....	102
Tabela 23 – Intensidade Energética nos SAA de Marabá/PA no ano de 2010.	103
Tabela 24 – Resumo dos indicadores de desempenho do SAA's.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Companhias estaduais de saneamento básico do Brasil	37
Quadro 2 - Principais ações para a redução do custo de energia elétrica em SAA ..	52
Quadro 3 - Objetivos estratégicos, critérios de avaliação e indicadores de desempenho do sistema da IWA relativos à gestão da energia.....	53
Quadro 4 - Exemplo de outros indicadores de desempenho de eficiência energética	55
Quadro 5 - Estruturação dos consumos e das perdas	60
Quadro 6 - Níveis de automação.....	64

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Fases da Pesquisa.....	72
Fluxograma 2 – Etapas da análise operacional dos SAA.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre energia e água	20
Figura 2 – Importância relativa da água de chuva e da irrigação para a agricultura .	24
Figura 3 - Localização das unidades com uso de energia elétrica em SAAs	28
Figura 4 – Índice de atendimento de abastecimento de água no Brasil em 2009	35

Figura 5 – Evolução da tarifa média de energia elétrica cobrada de prestadores de serviços públicos no Brasil.	45
Figura 6 – Curva do sistema convencional com controle de vazão realizado por válvulas	62
Figura 7 – Projeto COM + ÁGUA: Inter-relações das áreas temáticas e subprojetos	69

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Estação elevatória de água tratada	92
Fotografia 2 – Conjuntos motor-bomba	92
Fotografia 3 – Reservatório C1 e C2	93
Fotografia 4 – Unidades de decantação	94
Fotografia 5 – Tanque de contato	94
Fotografia 6 – Reservatório apoiado	95

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 – Atendimento a população nos núcleos	81
Gráfico 2 - Produção de água da COSANPA e dos SAA de Marabá/PA.	81
Gráfico 3 – Valores do DEX por m ³ produzido de água nos SAA`s de Marabá	83
Gráfico 4 - Produção de água do SAA que atende os núcleos da Marabá Pioneira.	86
Gráfico 5 - Produção de água do SAA que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova.....	96
Gráfico 6 - Preços médios do kWh consumido nos SAA.....	101
Gráfico 7 - Despesas com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA.	102
Gráfico 8 - Intensidade energética nos SAA's.....	104

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização do Município de Marabá	71
Mapa 2 – Visão geral dos Núcleos Urbanos	78
Mapa 3 – Sistemas de Abastecimento de Água da COSANPA	80
Mapa 4 – SAA's Marabá Pioneira	84
Mapa 5 – SAA's Nova Marabá e Cidade Nova.....	88

LISTA DE ESQUEMA

Esquema 1 - Consumo e custo com energia elétrica nos SAA de Marabá e COSANPA.....	82
Esquema 2 – Sistema de abastecimento de água da Marabá Pioneira.	85
Esquema 3 – Sistema de abastecimento de água da Nova Marabá e Cidade Nova.	90

RESUMO

Análise do desempenho hidroenergético de Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA, gerenciados pela Unidade de Negócios Tocantins (UNITO), da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. O estudo foi realizado em 3 fases, tendo informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da COSANPA. Na fase 1 foi analisada a rotina operacional de abastecimento de água do sistema Nova Marabá - Cidade Nova (16.738 ligações) e do sistema Marabá Pioneira (2.093 ligações) no ano 2010, com ênfase nos volumes produzidos de água e no consumo e custo de energia elétrica; na Fase 2 foram determinados indicadores de desempenho hidroenergético; finalizando, na fase 3 é proposto procedimentos para a melhoria da gestão hidroenergética. Na pesquisa foi verificado que o volume total produzido de água de 15,8 milhões m³/ano requereu 8.817 MWh/ano, resultando em despesa de R\$ 2 milhões/ano de energia elétrica, que foi o segundo maior item das despesas de exploração (32,2%) da COSANPA no município de Marabá. A despesa de energia elétrica por ligação foi de R\$ 9,32/lig. ano e R\$ 7,66/lig. ano nos sistemas da Nova Marabá – Cidade Nova e da Marabá Pioneira, respectivamente, com preço médio global do kWh consumido e despesa média de energia elétrica por metro cúbico de água produzido na Nova Marabá - Cidade Nova (0,23 R\$/kWh e 0,14 R\$/m³) e da Marabá Pioneira (0,21 R\$/kWh e 0,07 R\$/m³), ocorrendo variação dos índices de intensidade energética (kWh/m³) nos SAA. Com o trabalho é proposto procedimentos para aumentar a eficiência do controle hidroenergético na operação dos sistemas, como setorização, macromedição, micromedição, automação, o que trará reflexos positivos na redução dos custos para o abastecimento de água no município de Marabá/PA.

Palavras-chave: Produção de água, Energia Elétrica, Indicadores Desempenho, Proposta Hidroenergética.

ABSTRACT

Analysis of the performance of hydroelectric Water Supply Systems in the city of Maraba / PA, managed by the Business Unit Tocantins (UNITA), the Sanitation Company of the Para. The study was conducted in three phases, with information from the National Information System on Sanitation (NHIS) and COSANPA. In phase one was operating the routine analysis of water supply system Nova Maraba - Nova Maraba (16,738 links) and system Maraba Pioneira (2093 links) in the year 2010, with emphasis on production volumes and consumption of water and energy cost electric, in Phase 2 were determined performance indicators hydropower; ending in Phase 3 was proposed procedures for improving the management hydropower. In the survey it was found that the total volume of water produced 15.8 million m³/year required 8,817 MWh / year, resulting in spending of \$ 2 million / year of electricity, which was the second largest item of operating expenses (32.2%) of COSANPA in the city of Maraba. The cost of electricity by binding to R\$ 9.32 / R\$ 7.66 and link / connection systems in the Nova Maraba – Cidade Nova and Maraba Pioneira, respectively, with overall average price per kWh consumed and average expenditure of energy per cubic meter of water produced in Nova Maraba – Cidade Nova (R\$ 0.23 / kWh and R\$ 0.14 / m³) and Maraba Pioneira (R\$ 0.21 / kWh and R\$ 0.07 / m³), occurring variation in rates of energy intensity (kWh/m³) in the SAA. With the work procedures are proposed to increase the control efficiency in the operation of hydroelectric systems, such as sectorization, macro-measurement, micro-measurement, automation, which will bring positive impact in reducing costs for water supply in the city of Maraba / PA.

Keywords: Production of Water, Power, Performance Indicators, Proposed hydropower.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento, a industrialização e a modernização tornam os centros urbanos cada vez mais adensados e com consumidores ávidos por bens e serviços, o que resulta em utilização de recursos e na necessidade de readequação e ampliação dos sistemas de infraestrutura básica.

Ao longo da última década, a água foi um dos principais temas de discussão e interesse, com focos diversificados, que inclui essencialmente a sua participação na sustentabilidade dos espaços urbanos e das atividades produtivas. Os aspectos ecológicos também são considerados, sendo, portanto, beneficiários do uso racional do recurso água (MAGALHÃES, 2004).

Culturalmente o ser humano foi habituado a tratar os recursos naturais como sendo abundantes e inesgotáveis. Hoje já conhece os efeitos desastrosos causados pela má administração destes recursos, a exemplo do racionamento de energia elétrica que enfrentamos há poucos anos atrás.

Na operação do sistema de abastecimento de água (SAA) é pouco consideradas as perdas de água, visto que este insumo é abundante e possui boas características físicas e químicas. Por outro lado, também é pequena a preocupação com o insumo energia elétrica, provavelmente pelos custos serem, muitas vezes, subsidiados pelos governos e por não serem bem explicitados na matriz orçamentária nas companhias de saneamento.

Do ponto de vista dos sistemas de abastecimento de água, a energia elétrica é um importante insumo, pois é necessária para bombear, transportar, tratar e distribuir a água. Em muitas companhias de saneamento no Brasil, a despesa com energia elétrica é o segundo maior item de custo dos SAA (SNIS, 2009; EPE, 2008).

No contexto atual, para conseguir suprir os centros de consumo tem que ir cada vez mais longe para captar a água, e torná-la potável está ficando a cada dia mais difícil e oneroso, devido à enorme carga de poluentes despejados nos mananciais, havendo a necessidade do uso de produtos químicos e sistemas de tratamento mais complexos. Por outro lado, a energia elétrica tem ao longo dos últimos anos acumulado aumentos tarifários sucessivos, transformando-se na grande vilã do sistema.

A disponibilidade de recursos energéticos e hídricos é uma condição imprescindível para proporcionar o desenvolvimento econômico sustentável almejado pelos países. Apesar de ser reconhecida a importância da disponibilidade dos recursos energéticos e hídricos para o desenvolvimento sustentável, o fato de que estão relacionados ainda não é muito compreendido.

O uso racional de água e de energia elétrica leva a reflexão de como é enfocada e utilizada a informação hidroenergética nos SAA's. Contudo, independentemente dos avanços gerenciais e técnicos, os dados de consumo de energia elétrica nesses sistemas tem tido pequeno registro e organização, prejudicando a geração de informações e, naturalmente, de conhecimento indispensável para o planejamento e gestão dos sistemas de abastecimento de água.

O Ministério das Cidades divulgou os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) realizado em 1.064 prestadores de serviços do país no ano de 2009, que respondem pelos serviços de abastecimento de água de 4.891 municípios brasileiros, significando 87,9% das cidades brasileiras, ou ainda, 97,2% da população urbana nacional, tendo constatado consumo de energia elétrica da ordem de 7.223.391 (1.000 Kwh/ano), com volume de produção de água da ordem de 14.518.110 (1.000 m³/ano) (MCIDADES.SNSA, 2011).

Embora existam ferramentas governamentais de informação do setor de saneamento, como o SNIS, ainda é observado desencontros e divergências na coleta, processamento e interpretação, de indicadores de desempenho, o qual, normalmente, não tem resultado em informação estratégica para a gestão dos SAA.

Na gestão dos SAA's é preciso a coleta, sistematização e utilização de informações que representem o desempenho na produção (captação, tratamento, elevação e adução de água) e na distribuição de água (reservação, elevação e distribuição de água potável) isoladamente e do sistema como um todo. Para isso, a informação do desempenho nesses sistemas é dividida em três grandes grupos, no caso os volumes de água, as despesas de exploração e o faturamento da água fornecida (CONDURÚ e PEREIRA, 2010).

A agregação dessas informações de volume, despesas e faturamento permite que o gestor analise o desempenho do sistema, percebendo as fragilidades e tendo fundamento para as suas decisões.

Com o intuito de conhecer os indicadores de desempenho, relacionados à produção de água e uso da energia elétrica nos SAA, este trabalho abordará a intensidade energética nos sistemas de abastecimento de água e identificará a magnitude das despesas com eletricidade da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) no Município de Marabá/PA.

Assim, a relação entre recursos energéticos e hídricos é estudada sob as perspectivas da importante utilização dos recursos energéticos no suprimento de água, visto que, objetiva o uso racional de água é energia, com isso, propor procedimentos para gestão hidroenergética dos SAA.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor procedimentos para a gestão hidroenergética dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Análise da rotina operacional, com ênfase nos volumes de água e no consumo e custo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água de Marabá/PA;
- Determinar indicadores de desempenho hidroenergéticos dos sistemas de abastecimento de água do Município de Marabá/PA;
- Proposta de ações para melhorar a gestão hidroenergética dos sistemas de abastecimento de água de Marabá/PA.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A água é um elemento imprescindível para a sustentação da vida na terra. Ao longo do tempo, o homem vem aprimorando diferentes formas para extrair da natureza esse recurso tão necessário ao desenvolvimento de suas atividades.

O maior desafio da atualidade para a humanidade é a utilização sustentável de seus recursos naturais, em virtude do aumento das necessidades do homem, e a conseqüente escassez destes recursos. A utilização principal de alguns destes recursos está na geração de energia, seja ela térmica, luminosa, elétrica entre outras. A energia faz parte de nosso cotidiano, essencial para a civilização moderna, sendo utilizada para aquecer, refrescar, iluminar nossas casas, bem como para cozinhar e conservar nossos alimentos.

A energia elétrica insere-se nesse contexto como a forma de energia mais prática, em virtude da facilidade principalmente de seu transporte e distribuição. A conveniência do emprego da energia elétrica está no fato de sua aplicação aos mais numerosos e variados fins, como em uso doméstico, público, comercial e industrial.

Estima-se que de 2% a 3% do consumo de energia do mundo ocorram em sistemas urbanos de abastecimento de água, sendo o bombeamento de água responsável por cerca de 90% a 95% do total. A energia é necessária para mover a água em sistemas de água municipais fazendo com que cada litro de água consumido também represente um consumo específico de energia. Embora o consumo energia elétrica seja muito variável dependendo do sistema de abastecimento considerado, TSUTYIA (2001) sugere o valor de $0,6\text{kWh/m}^3$ de água produzida como o índice médio de referência.

A facilidade no acesso a energia pode ter como consequência a utilização indevida, ou melhor, desnecessária. A partir da percepção deste cenário técnicas de conservação da energia elétrica passaram a ser disseminadas na maioria dos países do mundo, como forma de combate ao desperdício e utilização mais eficiente da energia elétrica.

Neste sentido, o Governo do Brasil vem agindo de modo a incentivar a redução do desperdício ligado ao consumo e a demanda de energia elétrica no país. Entre as iniciativas pode ser citada a criação do PROCEL em 1985 (Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica). De 1986 até o final do ano de 2007,

o PROCEL ajudou a economizar 28,5 bilhões de MWh, consumo equivalente a 16,3 milhões de residências e à energia gerada por uma hidrelétrica de capacidade instalada de 6.841MW, que teria um custo aproximado de R\$ 19,9 bilhões (PROCEL, 2011).

3.1 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E ENERGIA

A disponibilidade de recursos hídricos e energéticos é uma condição imprescindível para proporcionar o desenvolvimento econômico sustentável desejado pelos países. Estes recursos podem ser renováveis ou não, sendo que os últimos podem apresentar oferta marginal cada vez mais limitada. Apesar de ser reconhecida a importância da disponibilidade dos recursos energéticos e hídricos para o desenvolvimento sustentável, o fato de que estão inextricavelmente relacionados, ainda não é muito compreendido.

A deterioração da qualidade, diminuição da quantidade e da acessibilidade dos recursos hídricos reduzem as possibilidades para um suprimento energético seguro, assim como podem alterar sua sustentabilidade. Para Rio Carrillo e Frei (2009):

“a segurança dos recursos hídricos é um aspecto adicional que deve ser considerado no planejamento dos futuros sistemas energéticos”.

Hoekstra e Hung (2011) desenvolveram o conceito de “pegada hídrica” (ou “water footprint”). Este conceito é definido como o volume de água doce necessária para a produção de bens e serviços, relacionados com padrões de consumo do local onde foi produzido. UNESCO (2011) estendeu este conceito de forma análoga para “pegada energética”, que poderia ser entendido como a quantidade de energia necessária para a produção de bens e serviços. Na figura 1 estão destacados alguns aspectos da relação energia-água.

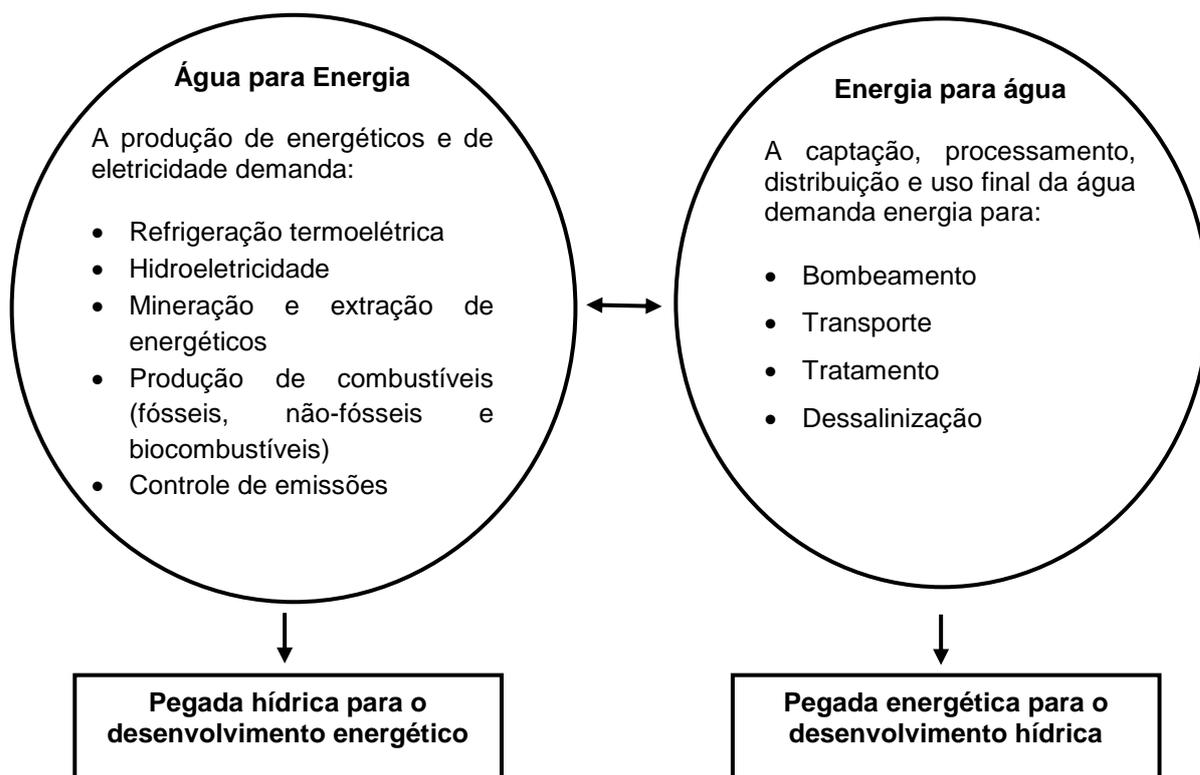


Figura 1 – Relação entre energia e água
 Fonte: UNESCO, 2011.

A oferta de recursos energéticos e hídricos é induzida por vários fatores comuns, dentre os quais podem ser citados: mudanças nas estruturas demográficas, econômicas, sociais e tecnológicas incluindo variações nos aspectos de consumo. Segundo Rio Carrillo e Frei (2009):

“futuras análises sobre a possibilidade dos recursos hídricos de uma região poder sustentar processos de produção de energia, serão fatores críticos em um futuro próximo. Existe uma necessidade de integração dos planejamentos dos recursos energéticos e hídricos. À medida que aumentam as restrições de água doce, limita-se a oferta de eletricidade e outros energéticos no futuro, sendo que a eficiência no uso da água deve ser considerada no planejamento energético”.

O secretário geral da Organização das Nações Unidas (ONU) Ban Ki-moon ressaltou, em recente relatório elaborado por esta organização denominado “*Water in a changing world*” (UNESCO, 2011), que:

“existe uma falha ao redor do mundo em reconhecer o papel fundamental da água em prover alimentos, energia, saneamento, alívio de desastres, sustentabilidade ambiental e outros benefícios. Este fato tem deixado centenas de milhões de pessoas na pobreza e com problemas de saúde, expostas aos riscos de doenças relacionadas com a água. (...) Os governos e a comunidade internacional para o desenvolvimento devem realizar imediatamente investimentos na gestão da água e infraestrutura relacionada” (Tradução do autor).

A relação entre recursos energéticos e hídricos deve ser considerada sob duas perspectivas importantes. A primeira aborda a utilização dos recursos hídricos para o suprimento de recursos energéticos e, a segunda, a utilização dos recursos energéticos para o suprimento de águas.

3.1.1 Demanda de água para o suprimento de energia

Segundo Rio Carrillo e Frei (2009), o setor de energia é um dos maiores usuários de recursos hídricos no mundo. A água é um recurso fundamental para o processamento de recursos energéticos ao ser demandado nos diferentes ciclos do suprimento de energia, nos quais estão inclusos a extração de energéticos (mineração e refino de petróleo, gás natural, beneficiamento de carvão e urânio, liquefação de gás natural e gaseificação de carvão, sequestro de carbono) e a geração de eletricidade (em de usinas térmicas movidas a carvão, gás natural, óleo combustível, solar, biomassa e termonucleares).

A utilização dos recursos hídricos pelo setor energético tende a aumentar devido ao aumento na produção de bioenergia, pois a produção e processamento de biomassa para fins energéticos (por exemplo, queima para geração de eletricidade e produção de biocombustíveis como o etanol) demandam volumes significativos de

água. Por outro lado, a água represada em barragens de usinas hidroelétricas atua como “combustível” que move as turbinas gerando eletricidade. Entretanto, esta água não é consumida e, após passar pelas turbinas, pode ser utilizada para outros fins.

Os processos que tornam disponíveis as fontes primárias de energia quase sempre demandam água, em diferentes quantidades. Gerbens-Leenes (2009) apud Gleick (1994) apresenta estimativas para a “pegada hídrica” das principais fontes primárias de energia consumidas no mundo como: petróleo, carvão, gás natural, urânio, hidroeletricidade, biomassa, energia eólica e solar.

Podem ocorrer grandes diferenças nos cálculos da “pegada hídrica” (apresentadas por diferentes autores), devido ao somatório de várias médias de “pegadas hídricas” ao longo das etapas do processo, ou porque alguns autores consideram desprezível o consumo de água em alguma destas etapas. Na tabela 1 estão disponíveis dados sobre a “pegada hídrica” das principais fontes primárias de energia.

Tabela 1 – “Pegada hídrica” das principais fontes primárias de energia.

Fonte	“Pegada hídrica” média (m³/GJ*)
Energia eólica	0,0
Nuclear	0,1
Gás natural	0,1
Carvão	0,2
Solar	0,3
Petróleo	1,1
Hidroelétrica	22,0
Biomassa	72,0

Fonte: Elaboração própria a partir de Gleick, 1994; Gerbens-Leenes, 2009.

*GJ- gigajoule

Como observado na Tabela 1, a “pegada hídrica” da biomassa é maior que das demais fontes primárias, o que ocorre devido ao consumo intensivo de água para o crescimento das culturas energéticas. A produção de eletricidade em usinas hidroelétricas também possui uma “pegada hídrica” elevada, mas é importante destacar que, diferentemente das demais fontes, o uso neste caso, é não consuntivo, pois a água retorna aos rios após passar pelas turbinas.

3.1.2 Demanda de Energia para o Suprimento de Água

A energia é necessária em todos os estágios do ciclo de uso da água. Entretanto, é muito difícil medir a quantidade de energia consumida com o uso da água. As melhores informações disponíveis sobre o consumo energético devido ao uso e produção da água potável estão disponíveis nas companhias de saneamento básico. Entretanto, o consumo de energia por usuários de água é difícil de determinar, pois os registros dos contadores de gás e energia não medem separadamente o uso relacionado à água (CEC, 2011).

As seções seguintes descrevem a demanda de energia para a irrigação na agricultura e para a produção de água potável em sistemas de abastecimento de água, com fins urbanos (comercial, residencial e industrial).

3.1.2.1 Demanda de energia para o suprimento de água na agricultura

O uso agrícola pode ser energointensivo requerendo bombeamento significativo e, em alguns casos, tratamento de água utilizada. Entretanto, pode não demandar energia e usar apenas a gravidade para a distribuição de água bruta superficial em direção às culturas. A energia (eletricidade e outros combustíveis) é necessária também no setor agrícola para aquecimento de água, transporte de águas residuais para lagoas de disposição e aeradores, ventiladores para climatização e processamento de alimentos (lavagem, empacotamento e refrigeração).

A importância da irrigação na agricultura varia de acordo com as características climáticas das regiões. A figura 2 apresenta a importância relativa da irrigação e das águas de chuva na agricultura em diferentes partes do mundo.

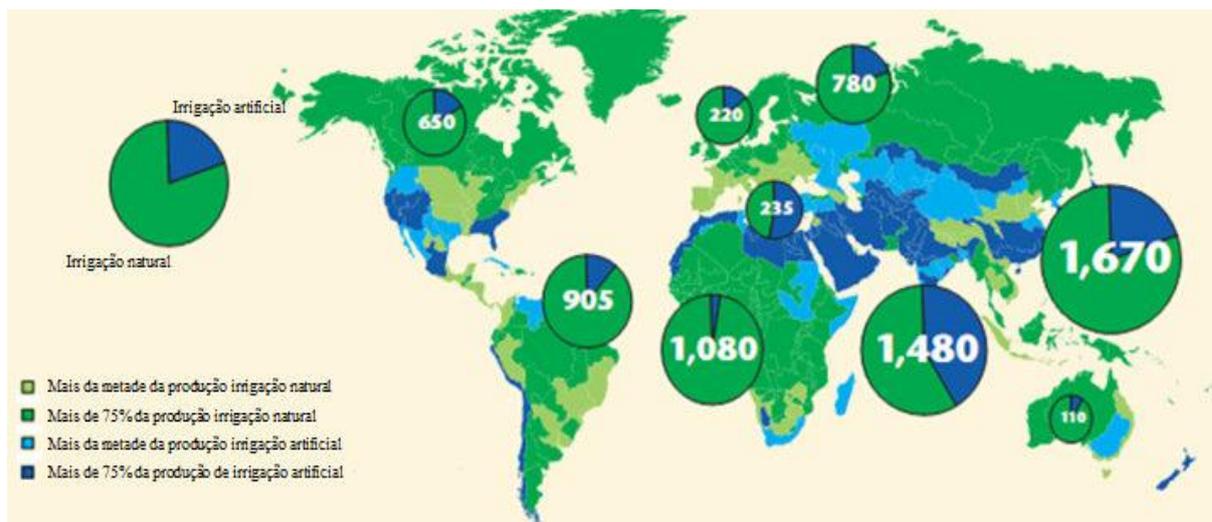


Figura 2 – Importância relativa da água de chuva e da irrigação para a agricultura em diferentes regiões no mundo
 Fonte: UNESCO, 2011.

Existem poucas estimativas do gasto energético na agricultura. No estado da Califórnia (EUA), a cada ano o setor agrícola consome aproximadamente, 41,9 bilhões de metros cúbicos de água para o crescimento de culturas, o que requer mais de 10 TWh de eletricidade para bombear e mover esta água. Neste Estado, mais de 75% da produção agrícola depende de sistemas de irrigação como pode ser visualizado na figura 2. A energia é utilizada em projetos estaduais e federais que disponibilizam a água em locais distantes de onde é captada (CEC, 2011).

O consumo energético na Califórnia pode variar de acordo com diferentes cenários anuais de água. Por exemplo, durante anos com precipitação maior que a média anual, ocorre maior disponibilidade de água superficial, logo, diminui a demanda de energia para bombear água subterrânea. Durante longos períodos de seca, aumenta a demanda de energia devido à necessidade de bombeamento. Em termos gerais, 90% da eletricidade consumida no setor agrícola destinam-se ao uso da água. Além disso, bombas movidas a diesel ou gás natural também são utilizados para bombear água no setor agrícola (CEC, 2011).

3.1.2.2 Demanda de energia para o suprimento urbano de água

O uso residencial inclui a higiene pessoal, lavagem de louças e roupas, banheiros, irrigação de jardins, água e gelo em refrigeradores e piscinas. Os usos de energia nas residências relacionados com essas atividades incluem tratamento de água (filtros), aquecimento (aquecedores elétricos ou a gás natural), circulação de água quente, refrigeração, circulação (bombas de piscina), e, em alguns casos, bombeamento de águas subterrâneas.

Os usos comerciais e industriais da água incluem todos os apresentados nas residências, mais um sem número de usos. Algumas das aplicações mais energointensivas relacionadas com o uso industrial e comercial incluem pressurização suplementar de sistemas de refrigeração, fornos a vapor, lavadores de carros e caminhões, processamento de águas quentes e vapor, e processos de refrigeração. No setor comercial, os maiores consumos de eletricidade relacionados ao uso da água, são refrigeração e aquecimento de água. Entretanto, é importante destacar que, no setor industrial, o uso de energia relacionado ao consumo de água depende das características dos diferentes processos (CEC, 2011).

Para uso urbano adequado, a água precisa ser tratada e distribuída em sistemas de abastecimento de água. A energia elétrica é importante para bombear, transportar, processar e usar a água, podendo ser responsável por 60% a 80% dos custos de distribuição e tratamento de água, além de representarem em média, 14% do total das despesas das companhias de água (UNESCO, 2011).

Para uma maior eficiência dos sistemas, as companhias de saneamento deveriam visualizar os consumos de água e energia como integrados, não de forma separada ou não relacionada, como usualmente é feito. Cada litro de água que se move pelo sistema possui embutido um significativo consumo de energia elétrica. As perdas de água na forma de vazamento, furto, desperdício do consumidor e distribuição ineficiente, afetam diretamente a quantidade de energia elétrica necessária para fazer a água chegar ao consumidor, ou seja, o desperdício de água leva ao desperdício de energia.

As atividades implementadas para economizar energia e água podem ter maior impacto se planejadas de forma conjunta. Por exemplo, um programa de gestão das perdas físicas de água com foco na redução de vazamentos na rede de

distribuição, proporciona redução da perda de pressão. Com maior controle sobre a pressão da rede, as bombas utilizadas alcançam maiores distâncias sem ter que realizar mais trabalho, o que significa economia de energia elétrica. Se a bomba utilizada estiver superdimensionada para a rede (após a redução dos vazamentos), esta pode ser substituída por uma de menor potência que realizará o mesmo trabalho. Se as duas ações são coordenadas através de um programa de efficientização de energia e água, a redução nas perdas de pressão devido a vazamentos irá permitir que bombas menores sejam usadas, economizando assim energia e capital adicionais.

Durante muitos anos, o consumo de eletricidade associados a sistemas de bombeamento eram frequentemente desconsiderados devido aos baixos preços da energia elétrica. As perdas de água ao longo das tubulações nos sistemas e a eficiência das bombas não eram aspectos principais no planejamento de projetos, pois representavam uma pequena parcela do orçamento total. Atualmente, com o aumento constante do preço da eletricidade, as companhias de saneamento necessitam investir em soluções mais eficientes (RAMOS et. al., 2009).

A gestão eficiente destes recursos é fundamental para o desenvolvimento sustentável, discutido amplamente entre políticos, empresários, acadêmicos e sociedade civil. Existem significativas oportunidades para melhoria de eficiência dos sistemas de abastecimento de águas urbanas no Brasil. Estas possibilidades não podem ser esquecidas ou ignoradas pelas companhias de saneamento e de energia. Ou seja, todas devem buscar a integração da gestão de recursos hídricos e energéticos com vistas a diminuir impactos ambientais, reduzir custos operacionais (com consequente repasse aos consumidores) e incentivar o uso eficiente de recursos, de modo a prover universalização do atendimento à população.

3.2 ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.2.1 Definição de Energia

Uma definição bem usual, correspondente ao senso comum e encontrada em muitos livros, afirma que “energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho”. Porém, a rigor, esta definição está parcialmente correta e aplica-se a alguns tipos de energia, como a mecânica e a elétrica, que em princípio, são totalmente conversíveis em outras formas de energia (HADDAD, 2006).

Em 1872, Maxwell propôs uma definição que pode ser considerada mais correta do que a anterior: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança”. Esta definição refere-se a importantes mudanças de condições e a alterações do estado de um sistema (HADDAD, 2006).

Um conceito importante que, frequentemente, é relacionado à energia é o da potência. Esta corresponde ao fluxo de energia sobre um determinado tempo, sendo de grande valia para se comparar processos físicos. Em termos gerais, estamos dispostos a atender uma dada demanda energética, medida em kWh, mas sobre a imposição do tempo, resultando em um dado requerimento de potência, avaliada em kW. É possível afirmar que a sociedade moderna, buscando atender suas demandas energéticas de forma rápida, é tão ávida em potência quanto em energia.

Dessa forma, sendo a energia entendida como a capacidade de promover mudanças de estado, esta pode apresentar-se de diversas formas: energias nucleares e atômicas em nível atômico, energia química sob forma de ligações entre átomos e moléculas, energia elétrica presente na circulação de cargas elétricas através de um campo de potencial elétrico, energia magnética acumulada em campos magnéticos, energia térmica apresentada na forma de radiação térmica, energia mecânica associada a massas com energia cinética e potencial, entre outras formas de energia existentes.

A energia elétrica é um importante insumo nos Sistemas de Abastecimento de Água - SAA, pois é necessária para bombear, transportar, tratar e distribuir a água. Em muitas companhias de saneamento no Brasil, a despesa com

energia elétrica é a segunda maior despesa dos SAA. Na figura 3 mostrada a localização das unidades com uso de energia elétrica em SAA's.

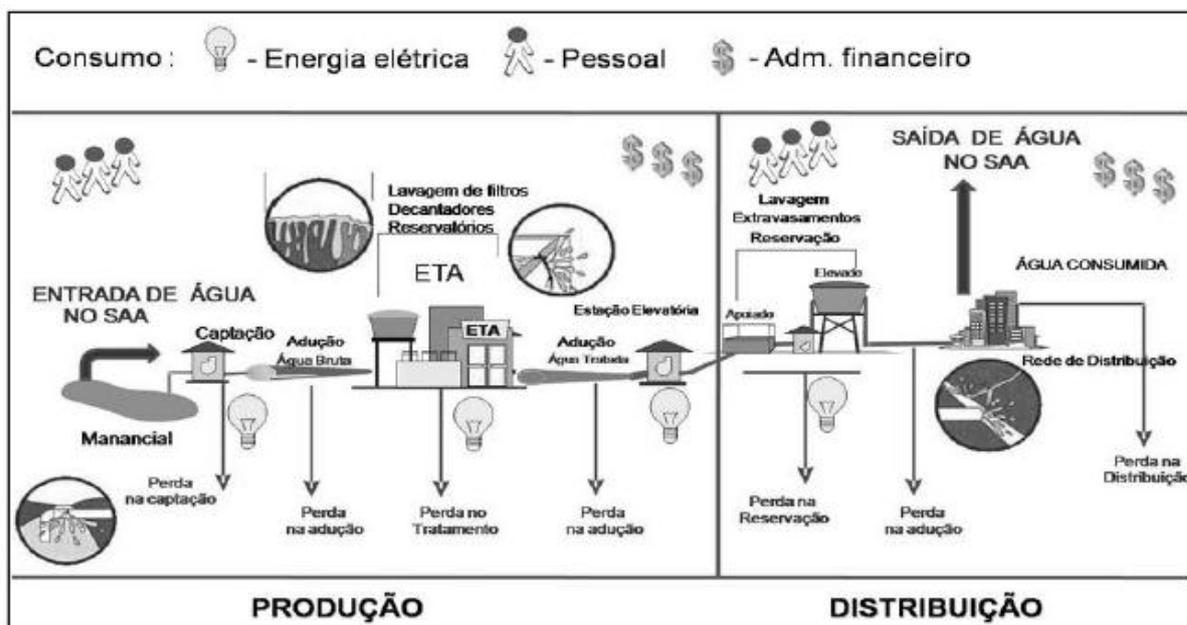


Figura 3 - Localização das unidades com uso de energia elétrica em SAAs
 Fonte: CONDURÚ e PEREIRA, 2010.

É importante identificar as unidades com equipamentos e dispositivos com intensidade energética no SAA, para o adequado planejamento e a tomada de decisão das intervenções voltadas ao uso racional de água e energia elétrica,

3.2.2 Intensidade Energética Ciclo de Uso da Água

O início do ciclo de uso da água ocorre quando a água bruta é desviada para ser coletada ou extraída de um manancial. Em seguida, esta água é transportada através de tubulações adutoras para Estações de Tratamento de Água e, após tratada, distribuída para os usuários finais. As águas residuais de usos urbanos são coletadas, tratadas e despejadas no meio ambiente e, as águas residuais do uso agrícola, geralmente não são tratadas antes de serem despejadas (CEC, 2011).

Cada etapa do ciclo de uso da água possui uma intensidade energética específica. Nesse caso, a “Intensidade energética” é definida como a quantidade de energia consumida por unidade de água relacionada a processos de:

dessalinização; bombeamento; extração; transporte; tratamento e distribuição de águas. A intensidade energética, por exemplo, pode ser definida como o número de kilowatt-horas consumido por metro cúbico de água entregue aos consumidores (kWh/m^3).

Na tabela 2 estão dados que permitem verificar a variação da intensidade energética em cada etapa do ciclo de uso da água

Tabela 2 – Variação da intensidade energética em etapas do ciclo de uso da água.

Etapa do ciclo de uso da água	Intervalo de intensidade energética (kWh/m^3)	
	Baixo	Alto
Captação e transporte de água	0	3,70
Tratamento de água	0,03	4,23
Distribuição de água	0,19	0,32
Coleta e tratamento de águas residuais	0,29	1,22
Descarga de águas residuais	0	0,11
Tratamento e distribuição de água reciclada	0,11	0,32

Fonte: CEC, 2011.

Consideram-se apenas as três primeiras etapas como pertencentes aos SAA. Logo, verifica-se que a intensidade energética varia de $0,22 \text{ kWh/m}^3$ a $8,25 \text{ kWh/m}^3$ nestes sistemas. A intensidade energética de todo o ciclo de uso da água incluindo o tratamento de esgoto e de água reciclada, varia de $0,62 \text{ kWh/m}^3$ a $9,90 \text{ kWh/m}^3$.

3.2.2.1 Intensidade Energética do Ciclo de Uso da Água: o caso do Estado da Califórnia (EUA)

Poucos estudos de âmbito regional sobre a relação entre recursos energéticos e hídricos foram realizados até o momento. Os detalhes e magnitude desta relação ainda são desconhecidos pelas empresas, comunidade acadêmica, sociedade civil e políticos.

Um importante estudo foi publicado em 2005 pela *Califórnia Energy Commission* (CEC) no relatório “*Califórnia’s water-energy relationship*”, elaborado com o intuito de: promover um melhor entendimento da relação simbiótica entre os setores que prestam serviços de água e energia (especialmente com relação à eletricidade); obter maior conhecimento sobre a magnitude do consumo de energia relacionado ao uso da água, no Estado da Califórnia; e identificar oportunidades para mudanças estruturais.

A partir das averiguações deste estudo elaborado pela CEC, utiliza-se o contexto dos SAA na Califórnia como “região testemunha” para comparar a intensidade energética dos SAA do Brasil e da Califórnia. Os dados apresentados no relatório representam a realidade do ciclo de uso da água em outras regiões, pois considera as variações das diferentes concepções dos SAA (desde sistemas que consomem pouca energia elétrica, pois são favorecidos pela gravidade, proximidade de fontes de água e boa qualidade da água bruta, a sistemas muito energointensivos que necessitam transportar água por longas distâncias e/ou tratar água bruta de qualidade inferior). A partir da comparação com a “região testemunha” será possível verificar se a intensidade energética dos SAA do Brasil é baixa (MARCONI e LAKATOS, 2007).

Os recursos hídricos e energéticos de uma nação estão indissociavelmente ligados. A relação entre energia e água é especialmente visível no estado da Califórnia (EUA) onde existe um elaborado sistema de armazenamento, tratamento e de estruturas de transporte de água para amenizar falhas hidrológicas naturais. Estes sistemas visam atender ao suprimento energético, mas também demandam grandes quantidades de energia elétrica para fornecer água de qualidade à população (CEC, 2011).

3.2.3 Eficiência Energética

Segundo Kassik (apud NEGRAO; LOBATO, 2005), o conceito de eficiência energética é baseado no melhor aproveitamento da energia elétrica e no combate ao desperdício, para assim evitar ou diminuir o ritmo de aumento de capacidade do sistema elétrico, reduzindo os impactos ambientais, associados ao aumento da capacidade, preservando os recursos naturais.

Conforme a Primeira Lei da Termodinâmica, a energia total num sistema isolado é constante e, de acordo com a Segunda Lei, a entropia de um sistema isolado tende a um máximo. A eficiência energética de um processo pode ser medida em termos da Primeira ou da Segunda Lei.

Utilizando a Primeira Lei, a eficiência é a razão entre a energia que sai do processo e a energia que entra nele. Já pela Segunda Lei, o quadro é diferente e a eficiência pode ser definida como a razão entre a energia mínima teoricamente necessária para a realização de um processo e a energia efetivamente usada no processo.

Neste caso, os processos de transformação têm a energia como principal insumo e seus produtos medidos em termos de energia. Esta é a abordagem da termodinâmica, que é, essencialmente, a única definição precisa de eficiência energética. Entretanto, em termos econômicos, os produtos são medidos em valores ou unidades físicas de massa. De forma prática, em determinado processo tem-se a energia como insumo e seu produto medido em toneladas ou unidade monetária.

O inverso da eficiência energética é a intensidade energética de um produto ou processo, podendo ser expressa como a quantidade de energia por unidade de produto. No Brasil, assim como nos EUA, Canadá, Reino Unido, França, Japão, Coréia do Sul e México, utiliza-se principalmente os indicadores de intensidade energética para medir a eficiência energética/conservação de energia.

De modo prático, entende-se eficiência energética como o conjunto de práticas e políticas, que reduza os custos com energia e/ou aumente a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração. Este conjunto compreende os seguintes elementos:

- **Planejamento integrado dos recursos** – são práticas que subsidiam os planejadores e reguladores de energia a avaliar os custos e benefícios sob as óticas da oferta (geração) e demanda (consumidor final), de forma a que a energia utilizada pelo sistema seja a de menor custo financeiro e ambiental;
- **Eficiência na Geração, Transmissão e Distribuição** – são práticas e tecnologias que estimulam a eficiência em toda a eletricidade que é gerada e entregue aos consumidores finais. Esta categoria inclui co-geração e turbinas

de queima de gás natural, além de outras tecnologias capazes de disponibilizar maior quantidade de energia elétrica em plantas já existentes.

- **Gerenciamento pelo lado da Demanda** – são práticas e políticas adotadas pelos planejadores de energia, que encorajam os consumidores a usar a energia de uma forma mais eficiente, além de permitir a administração da curva de carga das concessionárias;
- **Eficiência no Uso Final** – são tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética no nível do consumidor final. Essa categoria inclui praticamente todos os empregos de eletricidade e tecnologias caloríficas existentes, tais como motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, entre outros. Também inclui tecnologias que propiciem a conservação e o melhor uso da energia, tais como geradores de energia solar e aparelhos de controle do consumo de energia.

A principal vantagem da eficiência energética é a de ser, quase sempre, mais barata que a produção de energia. Sabe-se que o investimento em tecnologia eficiente para vários usos-finais é alto e que sistemas e equipamentos eficientes possuem, geralmente, custo maior que as tecnologias que substituem.

Entretanto, o custo para conservar 1kWh é, de modo geral, mais barato que o custo para produzi-lo. Além disso, em muitas aplicações, o custo da eficiência energética corresponde a apenas uma pequena parcela dos custos da produção de energia.

Tradicionalmente, esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo.

Investimentos em eficiência energética tendem a ser incrementais e modulares e com pequeno prazo para retorno. Isto possibilita a implantação de medidas que representem economia de energia e de recursos em período inferior ao de construção de uma usina.

Entretanto existe uma barreira à implantação de medidas de eficiência energética, que é a escassez de financiamentos, comparados aos empreendimentos de energia convencional. Esta constatação é reforçada pelo fato de ações de eficiência energética poderem ser feitas no lado da oferta de energia como também

no lado do seu uso final. A maioria dos agentes, usuários de eletricidade, nem sempre têm capacidade financeira para arcar com o investimento necessário nem tampouco conseguem atender aos requisitos mínimos requeridos para obtenção de financiamentos bancários.

Essas características sugerem a necessidade da existência de políticas de governo capazes de regulamentar o mercado de eficiência energética, tais como: Induzir o desenvolvimento tecnológico; Efetuar demonstrações da tecnologia de eficiência energética e suas aplicações; Induzir a transformação do mercado de produtos eletroeletrônicos; Adotar padrões de eficiência energética para produtos eletroeletrônicos e instalações elétricas em construções civis e unidades fabris; Estimular a implantação de programas de gerenciamento pelo lado da demanda; Formar uma cultura nacional de eficiência energética; Implantar programas educativos de eficiência energética; Divulgar os resultados obtidos com ações de eficiência energética.

Duarte (2006) enfatiza que a classe industrial é a de maior consumo de energia elétrica do país, conforme informações do Departamento de Estudos Energéticos e Mercado (2004), custando em torno de 146 bilhões de kWh/ano, sendo também responsável por expressiva parcela de desperdício de energia. Além disso, no atual momento de economia globalizada, onde a concorrência se mostra extremamente acirrada, é possível dizer que a efficientização de processos representa uma oportunidade para as indústrias de manufatura melhorarem a sua competitividade. Sendo assim, esta efficientização pode ser considerada como uma ferramenta a ser utilizada por empresas procurando melhorar seu estado atual, particularmente porque está relacionada às operações, considerada uma fonte de sustentável vantagem competitiva.

Medidas de eficiência energética em sistemas motrizes industriais são ações que buscam maior racionalização do consumo de energia de máquinas e equipamentos constituintes do processo de produção. Essas ações são fundamentadas em diagnósticos energéticos que identificam oportunidades de redução e analisam as melhores propostas para serem implantadas. Assim, partindo dos conceitos de melhoria contínua, são estipuladas metas de custo específico do processo, sendo o consumo energético monitorado para a implantação de novas ações.

As ações compreendem, na maioria das vezes: Modificação do projeto, substituindo os equipamentos existentes por equipamentos mais eficientes; Modificação na rotina de manutenção, evitando que o equipamento se deteriore e passe a trabalhar consumindo mais energia; Mudanças operacionais, ou seja, na forma como determinada operação é realizada no processo.

A Eletrobrás, por intermédio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), desenvolve o Programa de Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (PROCEL SANEAR) que atua de forma conjunta com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e o PMSS.

O programa objetiva promover ações que visem ao uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores, segundo uma visão integrada de utilização desses recursos. Além disso, incentiva o uso eficiente dos recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica e contribui para a universalização dos serviços de saneamento ambiental, com menores custos para a sociedade e benefícios adicionais nas áreas de saúde e de meio ambiente (ELETROBRAS, 2011). De acordo com ELETROBRAS (2011), as principais ações em andamento do programa estão divididas em cinco áreas descritas a seguir.

Ações institucionais: incremento de dados que reflitam o uso da energia elétrica pelo setor de saneamento no SNIS, estruturação de chamadas públicas de projetos de eficiência energética no setor de saneamento e a criação de um fundo setorial de pesquisas em saneamento.

Ações de educação e capacitação: Programa de sensibilização e capacitação em parceria com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

Ações tecnológicas: desenvolvimento de modelo reduzido para simular a automação, supervisão e controle de SAA e o apoio à implantação de laboratórios para a avaliação e difusão de equipamentos economizadores de água.

Ações de financiamento: reestruturação de linhas de financiamento existentes para saneamento, de forma a incorporar requisitos de eficiência energética e controle e redução de perdas de água. Além disso, as concessionárias de energia elétrica poderão utilizar recursos da Reserva Global de Reversão (RGR) para financiamento de projetos de eficiência energética em saneamento.

Ações de marketing e comunicação: Estruturação da categoria saneamento ambiental no prêmio PROCEL.

3.3 O CENÁRIO ATUAL HIDROENERGÉTICO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL NO BRASIL

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2009, o índice médio de atendimento de água no Brasil foi de aproximadamente 81,7% da população de 191,5 milhões de habitantes, ou seja, 154,4 milhões de habitantes. Entretanto, ocorrem grandes variações deste índice nos estados brasileiros. No mapa da figura 4 é possível verificar o índice de atendimento de abastecimento de água, distribuídos por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.

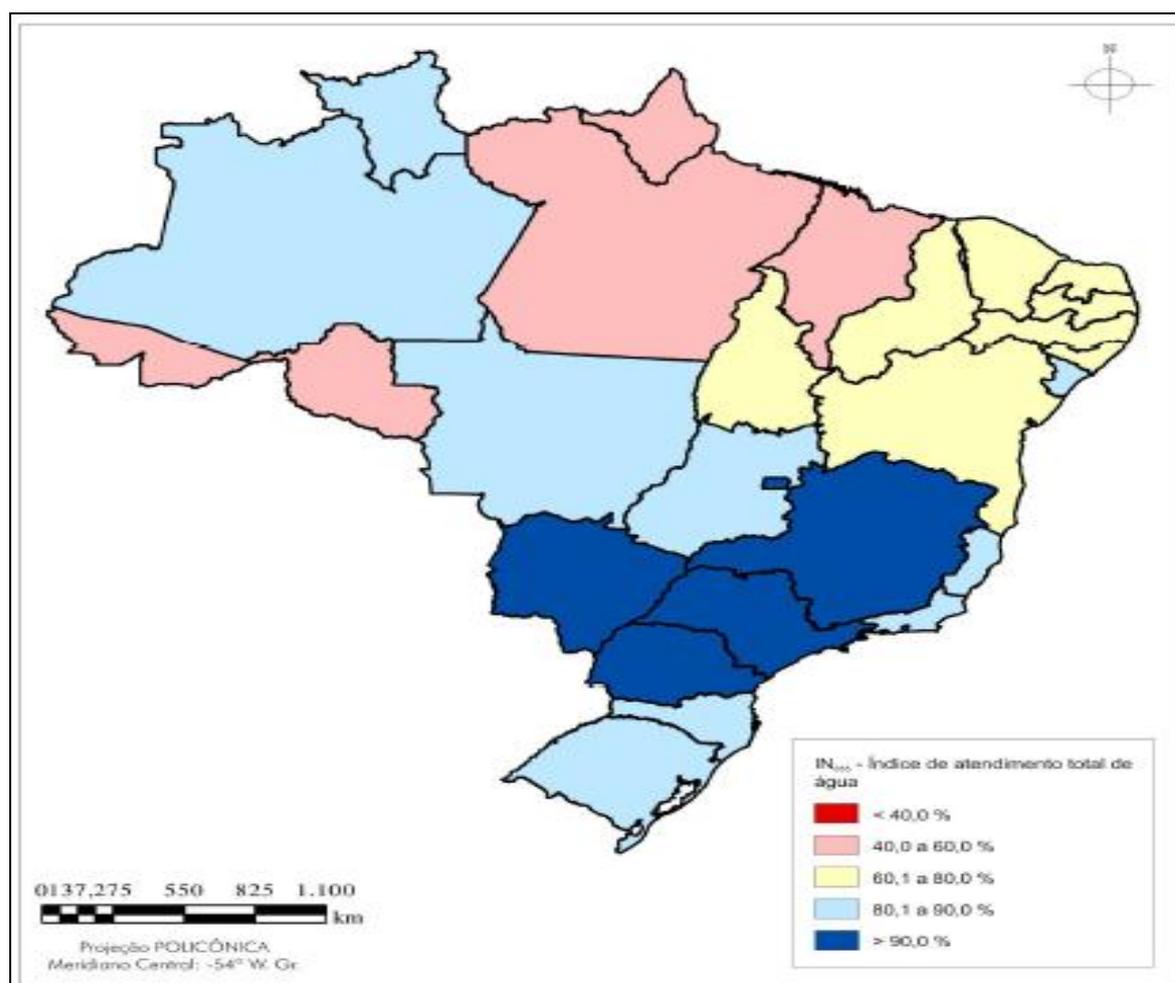


Figura 4 – Índice de atendimento de abastecimento de água no Brasil em 2009
Fonte: SNIS, 2011.

Observa-se que 8 estados, possui índice entre 60,1% e 80,0% e estão distribuídos nas regiões Nordeste, à exceção de Tocantins, na região Norte. Em 9 estados localizados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte, com índice variando entre 80,1% e 90,0%. Os menores índice foram observados em 5 estado na faixa de 40,0 a 60,0 inclusive o Acre e, os maiores índices, acima de 90% de atendimento, estão nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e no distrito federal (SNIS, 2011).

No Brasil, a operação de SAA é realizada por empresas estaduais, municipais e privadas que produziram em 2009, 14,51 bilhões de metros cúbicos de água e que possuem uma rede de distribuição total de 486.230 km (SNIS, 2011). No quadro 1, estão listadas as principais companhias estaduais de saneamento básico do Brasil.

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

Quadro 1 - Companhias estaduais de saneamento básico do Brasil
Fonte: SNIS, 2011

As companhias estaduais de saneamento atendem aproximadamente 141 milhões de habitantes (74% da população atendida), com uma produção de 10,8 bilhões de metros cúbicos por ano (74% da produção total) (SNIS, 2011). Na tabela 3 verificam-se dados sobre a evolução do volume de água produzido e da população abastecida no Brasil (incluindo empresas estaduais, municipais e privadas de saneamento).

Tabela 3 – Evolução do volume de água produzido, população abastecida e índice de atendimento de água no Brasil, nos anos de 2001 a 2009.

Ano	Vol. de água produzido (1.000 m³/ano)	População abastecida (habitantes)	Índice de atendimento (% da pop.)
2001	8.594.329	98.924.990	57,40
2002	8.876.865	105.477.396	60,37
2003	9.116.752	109.103.189	61,71
2004	12.956.169	123.124.700	67,82
2005	13.372.970	130.655.269	70,94
2006	13.936.201	138.781.228	74,01
2007	14.288.772	139.833.527	73,62
2008	14.303.079	153.582.008	81,20
2009	14.519.130	154.579.415	81,70

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011; IBGE, 2011.

Apesar de a tendência de melhora no índice de atendimento à população, para se alcançar a universalização do acesso a um saneamento básico de qualidade é necessário investir tanto na ampliação e melhoria das infraestruturas existentes como na qualidade dos serviços prestados aos usuários.

Neste sentido, foi promulgada em janeiro de 2007, a Lei 11.445, que estabelece as diretrizes nacionais para a prestação de serviços de saneamento e para uma política federal de saneamento básico por meio do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). O Plansab tem como objetivo a universalização do saneamento, a integração de políticas, cooperação federativa e a melhoria da gestão dos serviços de saneamento, visando mais saúde, maior qualidade de vida e inclusão social. Nele estão estabelecidos os objetivos e metas nacionais e regionalizadas, de curto, médio e longo prazo, para a universalização dos serviços de saneamento em todo o território nacional.

Nas atividades de captação, tratamento, transporte e distribuição, a energia elétrica é o principal insumo. Nos SAA das companhias estaduais de saneamento do Brasil, as despesas com eletricidade representam em média, 15,08 % das despesas totais de exploração, sendo atualmente a segunda maior despesa

em 4 empresas. A tabela 4 mostra a porcentagem das principais despesas nas companhias estaduais de saneamento no Brasil (considerando apenas as despesas dos SAA).

Tabela 4 – Porcentagem das despesas com SAA no Brasil em 2009.

Empresa	Estado	Participação % da empresa no total das despesas de exploração				
		Pessoal Próprio	Energia Elétrica	Serviços Gerais	Produtos Químicos	Outros
CAER	RR	50,3	14,2	20,5	4,6	10,5
CAERD	RO	49,3	15,0	23,0	4,6	8,1
CAESA	AP	50,1	9,4	17,5	8,9	14,1
COSAMA	AM	65,8	10,3	8,3	8,7	6,9
COSANPA	PA	45,9	17,6	27,4	6,0	3,1
DEAS	AC	64,0	17,8	7,6	7,9	2,7
SANEATINS	TO	38,5	11,5	27,9	2,3	19,8
AGESPISA	PI	45,2	13,0	38,6	3,2	0,0
CAEMA	MA	46,8	31,2	18,1	3,9	0,0
CAERN	RN	43,5	21,0	25,8	1,5	8,2
CAGECE	CE	28,1	12,8	46,0	7,0	6,1
CAGEPA	PB	48,4	16,7	26,3	2,7	5,9
CASAL	AL	45,2	21,6	26,8	1,6	4,8
COMPESA	PE	28,4	22,7	35,2	4,6	9,1
DESO	SE	46,7	15,9	24,5	5,1	7,8
EMBASA	BA	29,7	14,0	46,1	4,6	5,6
CEDAE	RJ	47,8	11,9	37,8	2,5	0,0
CESAN	ES	36,3	14,6	41,4	3,3	4,4
COPANOR	MG	57,6	19,0	16,2	4,2	3,0
COPASA	MG	47,3	14,8	26,3	2,8	8,8
SABESP	SP	37,2	11,6	34,7	3,3	13,2
CASAN	SC	48,9	9,9	28,3	1,7	11,2
CORSAN	RS	45,2	13,0	19,0	3,1	19,7
SANEPAR	PR	45,7	14,8	30,1	4,4	5,0
CAESB	DF	44,1	7,3	34,4	2,4	11,8
SANEAGO	GO	44,0	12,8	29,9	1,7	11,6
SANESUL	MS	39,7	12,9	38,8	2,1	6,5
Média		45,17	15,08	28,02	4,02	7,8

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011.

Como podem ser visualizadas na tabela 4, as despesas com energia elétrica variam consideravelmente entre as empresas. O maior percentual ocorre na empresa CAEMA (MA), onde as despesas com energia elétrica representam 31,2% do total das despesas e, o menor, na CAESB (DF), com 7,3% do total.

A participação das despesas com eletricidade em SAA no Brasil tem diminuído constantemente nos últimos anos, como pode ser verificado a partir dos

dados da tabela 5. No ano de 2005, a participação média das despesas de energia elétrica no total das despesas era de 17,01% e, em 2009, representavam 15,08 % do total.

Tabela 5 – Participação percentual das despesas com energia elétrica no total das despesas de exploração em companhias estaduais de água entre os anos de 2005 e 2009.

Empresas	Estado	Participação % da empresa com energia elétrica no Total das despesas				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	15,69	14,48	13,31	12,3	14,2
CAERD	RO	14,01	13,69	14,91	16,0	15,0
CAESA	AP	14,64	13,32	15,38	12,5	9,4
COSAMA	AM	12,02	9,66	11,68	10,5	10,3
COSANPA	PA	21,64	21,77	20,32	17,8	17,6
DEAS	AC	12,47	16,38	14,09	13,5	17,8
SANEATINS	TO	12,67	16,13	15,36	13,9	11,5
AGESPISA	PI	17,67	18,41	18,65	17,5	13,0
CAEMA	MA	23,37	25,23	35,42	37,4	31,2
CAERN	RN	25,79	23,56	26,06	21,1	21,0
CAGECE	CE	17,70	19,40	15,42	13,7	12,8
CAGEPA	PB	18,05	20,42	19,29	16,6	16,7
CASAL	AL	27,12	22,55	21,77	25,9	21,6
COMPESA	PE	23,60	26,63	28,64	23,3	22,7
DESO	SE	16,76	18,60	18,98	18,1	15,9
EMBASA	BA	15,95	18,58	18,71	16,1	14,0
CEDAE	RJ	16,18	13,42	10,35	12,1	11,9
CESAN	ES	15,50	16,40	16,87	15,8	14,6
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	19,0
COPASA	MG	16,42	15,16	16,91	16,1	14,8
SABESP	SP	15,04	14,36	13,85	12,6	11,6
CASAN	SC	15,69	14,48	13,31	10,2	9,9
CORSAN	RS	13,88	14,69	13,93	14,5	13,0
SANEPAR	PR	17,66	16,41	16,46	15,1	14,8
CAESB	DF	7,42	7,14	7,84	7,9	7,3
SANEAGO	GO	17,71	17,34	16,40	14,7	12,8
SANESUL	MS	17,44	18,29	19,48	15,0	12,9
Média		17,01	17,12	17,40	15,82	15,08

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011

Em 2009, os SAA consumiram 9,62 TWh correspondentes a 2,5% do consumo total de energia elétrica do Brasil naquele ano (SNIS, 2011). A tabela 6 apresenta dados relativos ao consumo de energia elétrica dos SAA das empresas estaduais de saneamento básico que, em 2009, foi de aproximadamente 7,22 TWh.

O restante, 2,4 TWh, corresponde ao consumo das companhias municipais e privadas de saneamento básico.

Tabela 6 – Consumo de energia elétrica em SAA das companhias estaduais de água entre os anos de 2005 e 2009.

Empresas	Estado	Consumo de energia elétrica MWh/ano				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	14.899	12.043	17.643	14.145	15.348
CAERD	RO	nd*	nd*	nd*	32.502	35.915
CAESA	AP	nd*	nd*	nd*	nd*	21.202
COSAMA	AM	8.022	6.041	6.399	5.609	5.528
COSANPA	PA	157.656	159.911	160.905	160.902	157.045
DEAS	AC	13.297	7.557	8.594	8.602	12.934
SANEATINS	TO	36.530	36.224	37.942	39.524	41.908
AGESPISA	PI	95.251	98.099	100.899	104.461	143.438
CAEMA	MA	158.920	164.447	116.079	157.085	168.882
CAERN	RN	176.415	131.222	119.664	117.700	205.052
CAGECE	CE	155.451	156.004	156.338	160.676	161.453
CAGEPA	PB	156.539	168.987	157.177	167.817	172.761
CASAL	AL	133.069	123.034	130.784	126.134	127.466
COMPESA	PE	387.142	385.922	452.978	468.246	452.237
DESO	SE	139.436	149.969	163.440	177.162	173.748
EMBASA	BA	435.987	504.344	563.937	579.606	553.392
CEDAE	RJ	934.127	916.924	948.130	949.443	946.700
CESAN	ES	117.028	121.772	126.734	133.220	124.248
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
COPASA	MG	659.599	687.094	715.942	721.100	714.176
SABESP	SP	1.791.392	1.839.561	1.872.667	1.863.880	1.815.753
CASAN	SC	145.962	123.448	128.324	122.440	125.035
CORSAN	RS	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
SANEPAR	PR	497.151	505.255	505.266	505.041	516.717
CAESB	DF	166.973	175.145	190.550	199.143	202.571
SANEAGO	GO	218.589	236.974	259.150	254.332	263.323
SANESUL	MS	nd*	nd*	59.632	63.538	65.228
Total		6.599.435	6.709.977	6.999.174	7.132.307	7.223.391

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011.

Em 2009, as companhias estaduais de saneamento básico no Brasil tiveram uma despesa de aproximadamente R\$ 2,00 bilhões relacionada com consumo de energia elétrica em SAA. Considerando todas as companhias (estaduais, municipais e privadas), a despesa total em 2009 foi de R\$ 2,76 bilhões. A tabela 7 mostra a evolução desta despesa nas companhias entre os anos de 2005 e 2009.

Tabela 7 – Despesas com energia elétrica em SAA de empresas estaduais de saneamento básico no Brasil entre os anos de 2005 e 2009.

Empresa	Estado	Despesas de energia elétrica (Milhares R\$/ano)				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	3.231	3.396	4.015	4.024	5.060
CAERD	RO	8.402	10.331	11.090	12.795	14.646
CAESA	AP	3.231	3.894	4.305	3.843	3.703
COSAMA	AM	1.545	1.118	1.321	1.253	1.342
COSANPA	PA	28.506	30.460	30.923	30.049	32.439
DEAS	AC	1.910	3.302	3.101	3.050	3.645
SANEATINS	TO	8.591	10.620	12.654	14.207	14.254
AGESPISA	PI	27.811	32.424	34.856	34.594	33.997
CAEMA	MA	38.082	47.999	50.909	53.590	60.005
CAERN	RN	40.765	41.998	49.397	44.247	46.144
CAGECE	CE	49.294	51.794	52.074	53.523	56.686
CAGEPA	PB	38.088	47.218	48.110	46.416	49.503
CASAL	AL	29.574	27.428	32.697	32.070	34.347
COMPESA	PE	89.386	117.488	132.420	125.214	135.786
DESO	SE	24.441	29.305	31.128	33.564	35.239
EMBASA	BA	90.326	116.836	127.224	123.225	121.139
CEDAE	RJ	219.848	217.047	187.191	182.474	183.569
CESAN	ES	29.226	35.219	39.334	38.151	39.914
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	554
COPASA	MG	165.408	190.987	219.729	213.583	211.999
SABESP	SP	423.509	448.861	474.478	459.589	485.456
CASAN	SC	47.213	39.296	36.949	37.460	38.047
CORSAN	RS	92.976	110.510	105.149	112.960	118.952
SANEPAR	PR	114.577	122.320	126.379	126.012	132.414
CAESB	DF	34.965	39.856	43.369	45.034	45.697
SANEAGO	GO	70.381	79.428	81.110	79.567	75.639
SANESUL	MS	16.769	19.227	20.837	18.420	17.529
Total		1.698.055	1.878.362	1.960.749	1.928.928	1.997.719

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011.

O aumento do consumo de energia elétrica nos SAA no Brasil ocorre principalmente devido à expansão da oferta de água produzida, pois os índices de intensidade energética dos SAA se mantiveram estáveis em aproximadamente 0,71 kWh/m³ de água produzida, como pode ser verificado nos dados da tabela 8.

Tabela 8 – Intensidade energética nos SAA do Brasil entre os anos de 2005 e 2009.

Empresa	Estado	Intensidade Energética nos SAA (kWh/m ³)				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	0,40	0,33	0,49	0,41	0,40
CAERD	RO	nd*	nd*	nd*	0,49	0,55
CAESA	AP	nd*	nd*	nd*	nd*	0,36
COSAMA	AM	0,46	0,34	0,36	0,39	0,38
COSANPA	PA	1,04	1,04	1,05	1,05	1,02
DEAS	AC	0,77	0,58	0,59	0,52	0,59
SANEATINS	TO	0,59	0,60	0,58	0,59	0,59
AGESPISA	PI	0,60	0,61	0,55	0,58	0,77
CAEMA	MA	0,73	0,67	0,58	0,57	0,75
CAERN	RN	0,85	0,64	0,59	0,55	0,96
CAGECE	CE	0,48	0,51	0,50	0,53	0,49
CAGEPA	PB	0,82	0,86	0,76	0,85	0,94
CASAL	AL	1,18	1,06	1,11	1,06	1,04
COMPESA	PE	0,73	0,73	0,85	0,83	0,77
DESO	SE	1,21	1,24	1,31	1,28	1,10
EMBASA	BA	0,73	0,82	0,90	0,91	0,85
CEDAE	RJ	0,52	0,50	0,52	0,52	0,52
CESAN	ES	0,51	0,5	0,51	0,55	0,52
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	0,65
COPASA	MG	0,82	0,82	0,83	0,85	0,83
SABESP	SP	0,63	0,64	0,65	0,65	0,64
CASAN	SC	0,63	0,59	0,63	0,63	0,64
CORSAN	RS	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
SANEPAR	PR	0,82	0,83	0,83	0,83	0,82
CAESB	DF	0,84	0,85	0,86	0,89	0,90
SANEAGO	GO	0,73	0,76	0,80	0,79	0,77
SANESUL	MS	nd*	nd*	0,64	0,67	0,69
Média		0,731	0,705	0,717	0,708	0,713

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011

A média da intensidade energética nos SAA no Brasil varia consideravelmente entre as companhias estaduais de saneamento, sendo que a maior intensidade ocorre na empresa DESO (SE), com um índice de 1,31 kWh/m³ (2007) de água produzida e, a menor intensidade energética, na empresa CAER (RR), com índice de 0,33 kWh/m³ (2006).

A partir dos dados da tabela 8, pode-se afirmar que a intensidade energética média dos SAA no Brasil (0,71 kWh/m³) é relativamente baixa, pois está localizada no limite inferior do intervalo de intensidade energética encontrado nos SAA da Califórnia (entre 0,22 kWh/m³ e 8,25 kWh/m³).

Em relação à despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA (R\$/m³), constata-se o aumento deste índice em 19 empresas estaduais de saneamento básico, entre 2005 e 2009, como pode ser verificado na tabela 9.

Tabela 9 – Despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA do Brasil entre os anos de 2005 e 2009.

Empresa	Estado	Despesa com energia elétrica por volume e água produzido nos SAA (R\$/m ³)				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	0,09	0,09	0,11	0,12	0,13
CAERD	RO	0,14	0,16	0,17	0,19	0,22
CAESA	AP	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06
COSAMA	AM	0,09	0,06	0,07	0,09	0,09
COSANPA	PA	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21
DEAS	AC	0,11	0,25	0,21	0,18	0,17
SANEATINS	TO	0,14	0,17	0,19	0,21	0,20
AGESPISA	PI	0,18	0,20	0,19	0,19	0,18
CAEMA	MA	0,17	0,20	0,18	0,19	0,27
CAERN	RN	0,20	0,20	0,24	0,21	0,22
CAGECE	CE	0,15	0,17	0,17	0,18	0,17
CAGEPA	PB	0,20	0,24	0,23	0,23	0,27
CASAL	AL	0,26	0,24	0,28	0,27	0,28
COMPESA	PE	0,17	0,22	0,25	0,22	0,23
DESO	SE	0,21	0,24	0,25	0,24	0,22
EMBASA	BA	0,15	0,19	0,20	0,19	0,19
CEDAE	RJ	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10
CESAN	ES	0,13	0,15	0,16	0,16	0,17
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	0,27
COPASA	MG	0,21	0,23	0,26	0,25	0,25
SABESP	SP	0,15	0,16	0,17	0,16	0,17
CASAN	SC	0,21	0,19	0,18	0,20	0,20
CORSAN	RS	0,18	0,22	0,20	0,21	0,23
SANEPAR	PR	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21
CAESB	DF	0,18	0,19	0,20	0,20	0,20
SANEAGO	GO	0,24	0,26	0,25	0,25	0,23
SANESUL	MS	0,19	0,22	0,22	0,19	0,19
Despesa Média		0,165	0,186	0,191	0,190	0,198

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011.

A companhia CASAL (AL) possui a maior despesa com energia elétrica por metro cúbico de água produzido, R\$ 0,28/m³; e a companhia CAESA (AP) a menor despesa, R\$ 0,06/m³.

Como a intensidade energética média das companhias de saneamento básico estaduais tem permanecido relativamente estável nos últimos anos, o aumento das despesas com eletricidade por metro cúbico de água produzida nos

SAA pode proceder do aumento das tarifas de energia elétrica praticadas pelas concessionárias de energia junto às companhias de saneamento básico. Na tabela 10 e figura 5 estão dados sobre a evolução da tarifa média cobrada de prestadores de serviço público nas regiões do Brasil.

Tabela 10 – Evolução da tarifa média de energia elétrica cobrada de prestadores de serviços públicos no Brasil.

Região	Evolução a tarifa média de energia elétrica cobrada de prestadora de serviços públicos no Brasil (R\$)				
	2003	2004	2005	2006	2007
Centro-Oeste	132,6	156,86	183,16	193,43	190,42
Nordeste	124,01	149,25	172,86	188,59	196,29
Norte	136,42	158,79	175,6	196,53	194,97
Sudeste	132,21	150,51	181,65	198,82	209,73
Sul	131,1	156,4	168,84	180,44	179,74
Brasil	130,8	151,71	177,78	193,39	200,28

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL, 2011.

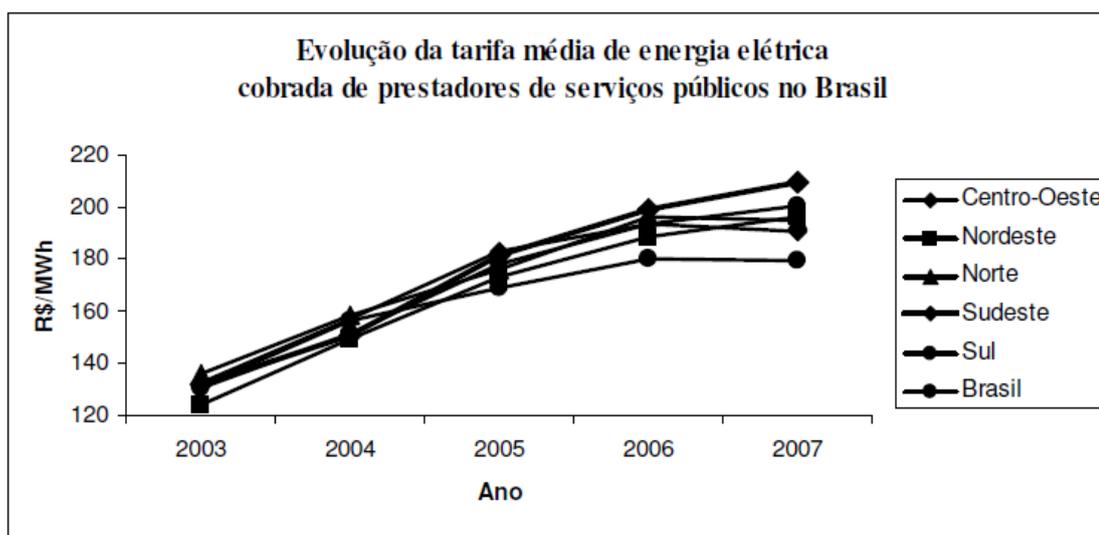


Figura 5 – Evolução da tarifa média de energia elétrica cobrada de prestadores de serviços públicos no Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL, 2011.

Conforme dados da tabela 10, ocorreu um aumento das tarifas dos prestadores de serviços públicos de 53,11% (entre os anos de 2003 e 2007), acima da inflação registrada pelo IBGE (2009) no mesmo período que foi de 33,9%. A tabela 11 mostra a evolução do preço médio global do kWh consumido nos SAA das companhias estaduais de saneamento básico do Brasil.

Tabela 11 – Preço médio global do kWh consumido nos SAA das companhias estaduais de saneamento básico do Brasil.

Empresa	Estado	Preço médio do kWh consumido nos SAA (R\$/KWh)				
		2005	2006	2007	2008	2009
CAER	RR	0,22	0,28	0,23	0,26	0,31
CAERD	RO	nd*	nd*	nd*	0,39	0,41
CAESA	AP	nd*	nd*	nd*	nd*	0,17
COSAMA	AM	0,19	0,19	0,21	0,22	0,24
COSANPA	PA	0,18	0,19	0,19	0,19	0,21
DEAS	AC	0,14	0,44	0,36	0,35	0,28
SANEATINS	TO	0,24	0,29	0,33	0,35	0,33
AGESPISA	PI	0,29	0,33	0,35	0,32	0,23
CAEMA	MA	0,24	0,29	0,44	0,34	0,35
CAERN	RN	0,23	0,32	0,41	0,35	0,22
CAGECE	CE	0,32	0,33	0,33	0,30	0,31
CAGEPA	PB	0,24	0,28	0,31	0,27	0,27
CASAL	AL	0,22	0,22	0,25	0,25	0,26
COMPESA	PE	0,23	0,30	0,29	0,26	0,29
DESO	SE	0,18	0,20	0,19	0,19	0,20
EMBASA	BA	0,21	0,23	0,23	0,19	0,20
CEDAE	RJ	0,24	0,24	0,20	0,18	0,18
CESAN	ES	0,25	0,29	0,31	0,27	0,30
COPANOR	MG	nd*	nd*	nd*	nd*	0,42
COPASA	MG	0,25	0,28	0,31	0,29	0,29
SABESP	SP	0,24	0,24	0,25	0,21	0,23
CASAN	SC	0,32	0,32	0,29	0,28	0,28
CORSAN	RS	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
SANEPAR	PR	0,23	0,24	0,25	0,23	0,24
CAESB	DF	0,21	0,23	0,23	0,18	0,18
SANEAGO	GO	0,32	0,34	0,31	0,29	0,27
SANESUL	MS	nd*	nd*	0,35	0,29	0,26
Média		0,24	0,28	0,29	0,27	0,27

* nd: Informação não disponível

Fonte: Elaboração própria a partir de SNIS, 2011.

Constata-se na tabela 11 que o preço médio global do kWh consumido nos SAA das companhias estaduais de saneamento básico do Brasil aumentou em 15 dessas empresas, passando de um valor médio de R\$ 0,24/kWh em 2005, para R\$ 0,27/kWh em 2009.

Segundo Candurú e Pereira (2010) as informações no setor de saneamento brasileiro ainda são desarticuladas, incompletas e restritas aos seus próprios geradores. Muitas delas são de baixa confiabilidade e tem sido pouco

sistematizadas e analisadas, o que dificulta a gestão dos sistemas de saneamento e impede que a sociedade tenha conhecimento do setor.

3.4 GESTÃO ENERGÉTICA EM COMPANHIAS DE SANEAMENTO BASICO

A preocupação com a eficiência energética se intensificou nos últimos anos em um contexto de aumento dos custos dos insumos energéticos e de maior pressão da sociedade e organizações ambientais para o uso racional de recursos naturais. Com isso, a questão da gestão eficaz dos recursos energéticos tem obtido maior destaque nas empresas (públicas e privadas), que começam a incorporar este aspecto em seus planejamentos estratégicos.

Neste contexto e no âmbito do desenvolvimento de programas que integrem o planejamento e gestão dos recursos hídricos e energéticos nas companhias de saneamento básico, duas premissas são importantes: Economizar energia elétrica através da economia de água; Reduzir a demanda de energia elétrica dos SAA.

Abordaremos a importância da segunda premissa sendo apresentado o que são e quais são os objetivos dos Sistemas de Gestão de Energia, referenciados pela sigla SGE, assim como aspectos metodológicos para a implementação destes sistemas. São discutidos de forma sistematizada os principais objetivos que geralmente levam à implementação de estratégias de gestão de energia, sugestões de critérios de avaliação possíveis e as medidas de avaliação correspondentes. Em seguida, baseado em Tsutiya (2001) são descritas alternativas que podem ser realizadas por companhias de saneamento básico no âmbito de um programa de gestão de energia, com o intuito de obter ganhos significativos nos seus processos em termos de desempenho, eficiência, eficácia e custo.

3.4.1 Sistemas de Gestão de Energia

Vale ressaltar que, as empresas desenvolveram sistemas de gestão em seus processos produtivos de forma a assegurar maior competitividade em mercados cada vez mais exigentes. Chiavenato e Sapiro (2003), afirmam que:

“Uma das questões-chave para o sucesso das organizações é a implementação e manutenção de um sistema de gestão concebido para melhorar continuamente o desempenho, identificando e priorizando as lacunas dos processos a serem reestruturados. As organizações necessitam gerir seus processos de forma integrada, dentro do conceito de processos clientes/fornecedores, assegurando, assim, que todos os seus esforços estejam orientados para o atendimento de seus objetivos globais. Objetivos de melhoria, como ciclos, custos, prazos, recursos, produtividade, qualidade e atendimento, passam a fazer parte do cotidiano das organizações”.

Mapear os processos é a primeira etapa para se identificar, além das entradas e saídas, quais são os recursos e as informações necessárias para assegurar o bom desempenho das organizações. É a forma de projetar os meios pelos quais uma organização pretende produzir e entregar uma qualidade superior aos clientes, produtos e serviços. A partir de processos bem definidos e integrados, com indicadores e metas de melhoria estabelecidas, as organizações estarão fortemente apoiadas em um modelo de gestão que garantirá o seu sucesso na busca da excelência e que proporcionará resultados como a redução dos custos, dos prazos de entrega e do retrabalho, com conseqüente aumento da produtividade e rentabilidade (CHIAVENATO E SAPIRO, 2003).

O foco em processos recebeu grande impulso com a publicação da norma internacional de Sistemas de Gestão da Qualidade - ISO22 9001:2000. A gestão por processos visa criar uma dinâmica de melhoria contínua e permite ganhos significativos às organizações em termos de desempenho, eficiência, eficácia e custo. Logo em seguida, foi publicada a norma internacional de Sistemas de Gestão Ambiental – ISSO 14001:2004, com aspectos metodológicos similares à norma para gestão da qualidade.

Devido ao grande interesse internacional, em 2007 a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), mobilizou-se em apoio à

elaboração de uma norma ISO sobre gestão de energia. Em 2008, foi estabelecido o secretariado do Comitê de Projeto da ISO com a responsabilidade de elaborar a norma internacional de SGE, identificada como ISO 50001. UNIDO (2011) afirma que uma norma internacional para certificação de SGE:

“é uma ferramenta política e também baseada no mecanismo de mercado, para encorajar um aumento efetivo da eficiência energética no setor industrial de forma sustentável. O objetivo de um padrão de gestão de energia é fornecer um suporte para unidades industriais integrarem a eficiência energética em suas práticas de gestão usando a mesma metodologia ‘plan-do-check-act’ dos conhecidos, e largamente usados, sistemas de gestão ambiental e de qualidade”.

Os SGE oferecem uma estrutura de melhores práticas para as organizações desenvolverem objetivos de eficiência energética, planos de intervenção, medidas e investimentos prioritários de eficiência energética, monitorarem e documentarem resultados, e assegurar uma contínua e constante melhoria do desempenho da eficiência energética.

Para a adoção de um SGE, segundo UNIDO (2011), algumas medidas são importantes: Um plano estratégico que requer mensuração, gestão e documentação para a melhoria contínua da eficiência energética; Uma equipe de gestores de vários departamentos internos da organização liderados por um coordenador de energia, que responde diretamente para a administração central e é responsável por acompanhar a implementação do plano estratégico; Políticas e procedimentos para assegurar todos os aspectos da compra de energia, uso e disposição; Projetos para demonstrar uma melhoria contínua na eficiência energética; A elaboração de um manual de energia: um documento que evolui com o tempo à medida que projetos de conservação de energia e políticas são empreendidos e documentados; A identificação de indicadores de desempenho chaves, únicos da companhia, que são monitorados para medir os processos; Relatório periódico para a administração baseados nessas medidas.

De acordo com a ISO (2011), entre os potenciais benefícios da certificação ISO 50001 podem ser citados: Fornecer uma estrutura bem reconhecida às empresas (públicas e privadas), para integrar a eficiência energética dentro de suas práticas gerenciais; Fornecer a organizações multinacionais, um

padrão harmonizado para a implementação de SGE em suas várias unidades industriais no mundo; Fornecer uma metodologia lógica e consistente para identificar e executar melhorias que podem contribuir para um aumento contínuo da eficiência energética nas instalações; Ajudar organizações a utilizar melhor a energia através do consumo existente reduzindo custos e expandindo a capacidade; Fornecer orientação sobre a avaliação comparativa, medição, documentação, e elaboração de relatórios de melhorias de eficiência energética e seus impactos projetados na redução de gases do efeito estufa; Criar transparência e facilidade de comunicação na gestão da energia; Ajudar instalações na avaliação e priorização na implementação de tecnologias mais eficientes; Fornecer uma estrutura para organizações encorajarem fornecedores a gerir melhor a energia promovendo a eficiência energética em toda a cadeia de suprimentos; Facilitar o uso dos SGE como um componente de projetos para a redução de gases do efeito estufa.

3.4.2 Medidas para Redução do Custo de Energia Elétrica em SAA

As companhias de saneamento básico podem implementar várias ações para a redução do custo de energia elétrica em SAA. Estas ações podem fazer parte de um programa visando à adoção de SGE nos processos produtivos destas empresas. Essas alternativas compreendem os seguintes aspectos:

- Redução do custo sem diminuição do consumo de energia elétrica;
- Redução do custo pela diminuição do consumo de energia elétrica;
- Redução do custo pela alteração do sistema operacional;
- Redução do custo pela automação dos SAA;
- Redução do custo pela geração de energia elétrica.

A primeira ação para a redução do custo de energia elétrica em SAA é a realização de um diagnóstico do sistema existente, com a identificação das etapas do processo mais energointensivas. Após esse diagnóstico inicial, verificam-se ações administrativas que podem ser executadas e que não demandam recursos

financeiros. Entretanto, estas ações não reduzem o consumo de energia elétrica. Em seguida, são consideradas ações operacionais nos sistemas, como, por exemplo, a otimização dos equipamentos eletromecânicos. Neste caso, são necessários estudos e investimentos para a redução do custo de energia. Além disso, podem ser realizadas ações para a otimização hidráulica do SAA obtendo grandes reduções dos custos de energia elétrica. O quadro 2 mostra as principais ações para a redução do custo de energia elétrica em SAA, dividida nas fases administrativa e operacional.

O prestador dos serviços de saneamento deve realizar ações administrativas e operacionais. Entre as diversas ações estão macromedição, micromedição, setorização e automação.

Ações Administrativas – Primeira fase
<ul style="list-style-type: none"> • Correção da classe de faturamento • Regularização da demanda contratada • Alteração da estrutura tarifária • Desativação das instalações sem utilização • Conferência de leitura da conta de energia elétrica • Entendimento com as companhias energéticas para redução de tarifas
Ações Operacionais – Segunda fase
<p>1. Ajuste dos equipamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correção do fator de potência • Alteração da tensão de alimentação
<p>2. Diminuição da potência dos equipamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melhoria do rendimento do conjunto motor-bomba • Redução das perdas de cargas nas tubulações • Melhoria do fator de carga nas instalações • Redução do índice de perdas de água • Uso racional da água
<p>3. Controle operacional</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Alteração no sistema de bombeamento-reservação • Utilização do inversor de frequência • Alteração nos procedimentos operacionais de ETAs
4. Automação do SAA
5. Alternativas para geração de energia elétrica <ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento de potenciais energéticos • Uso de geradores nos horários de ponta

Quadro 2 - Principais ações para a redução do custo de energia elétrica em SAA
Fonte: Tsutiya, 2001.

Tsutiya (2001) destaca a necessidade de atenções maiores referentes aos seguintes itens que indiretamente trazem uma redução substancial no consumo de energia elétrica: redução das perdas de carga nas tubulações, automação dos sistemas, redução dos índices de perdas de água e uso racional da água.

Finalmente, para o acompanhamento da eficiência e eficácia na utilização de energia elétrica nos processos produtivos dos SAA no âmbito de um SGE, os seguintes indicadores são muito úteis para as companhias de saneamento básico:

- Preço médio do kWh consumido (global, por instalações e por sistema);
- kWh/m³ de água captada, tratada, distribuída e faturada (global e por sistema);
- Fator de carga.

As motivações que levam ao estabelecimento de medidas de gestão de energia são diversas. Em primeiro lugar, surge a motivação imperativa de “garantir o fornecimento do serviço em condições normais e de emergência”, que envolve a disponibilização de água nos pontos de entrega com as pressões mínimas requeridas, e constitui a motivação principal para o consumo de energia em bombeamento de água. Não menos importante é a necessidade de racionalizar os consumos de energia e os custos associados, que, como se referiu anteriormente, representam frequentemente uma grande parte dos custos operacionais das entidades gestoras. Estes dois aspectos estão associados aos objetivos de garantia de sustentabilidade da entidade gestora, de promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade e de proteção do ambiente.

Dos objetivos referidos, os mais importantes em termos da gestão de energia, considerando as motivações mais comuns, são os apresentados no quadro 3 para cada objetivo estratégico, apresentam-se os critérios de avaliação mais relevantes neste contexto. Apresentam-se também exemplos de medidas de desempenho adequadas aos critérios de avaliação escolhidos. As medidas de desempenho sugeridas no quadro 3 foram selecionadas do sistema de indicadores de desempenho propostos pela *International Water Association* (IWA) para serviços de abastecimento de água (Alegre et. al., 2006).

Objetivo estratégico	Critério de avaliação	Medidas de desempenho
Assegurar o fornecimento do serviço em condições normais e de emergência	Manutenção de pressões adequadas nas redes de adução e distribuição	QS10 – adequação da pressão de serviço na distribuição (%) Percentagem dos pontos de entrega (em ramais) onde as pressões na hora de maior consumo são iguais ou superiores aos valores requeridos.
Garantir Sustentabilidade da entidade gestora	Dimensão adequada das infraestruturas	Ph4 – Utilização da capacidade de bombeamento (%) Percentagem máxima de capacidade de bombeamento (que pode ser utilizada em simultâneo) e que foi efetivamente utilizada.
	Sustentabilidade econômico-financeira	Fi10 – Custo de energia elétrica (%) Percentagem de custos correntes correspondentes a energia elétrica.
Proteger o meio ambiente	Redução das quantidades de energia consumida	Ph5 – Consumo de energia normalizado (kWh/m ³ /100m) Consumo médio de energia de bombeamento de 1m ³ a 100m de elevação.
		Ph6 – Consumo de energia reativa (%) Percentagem do consumo total de energia de bombeamento que corresponde ao consumo de energia reativa
		Ph7 – Recuperação de energia (%) Percentagem do consumo total de energia de bombeamento que é recuperado pelo uso de turbinas ou por bombas de eixo reversível
	Utilização de energias renováveis	(Não contemplado)

Quadro 3 - Objetivos estratégicos, critérios de avaliação e indicadores de desempenho do sistema da IWA relativos à gestão da energia.

Fonte: Duarte *et.al.*, 2008

O indicador Ph4 refere-se à margem existente em termos de capacidade de bombeamento enquanto os indicadores Ph5, Ph6 e Ph7 exprimem a eficiência de utilização de energia. O indicador “recuperação de energia” (Ph7) é relevante quando existem escoamentos gravitacionais com excedentes significativos de energia que possam ser recuperados. O indicador “custos de energia elétrica” (Fi10)

fornece informação sobre o peso relativo destes custos nos custos correntes da entidade gestora. O indicador tradicional “energia consumida por m³” não foi incluído no sistema da IWA porque não permite comparações entre sistemas. Contudo, a IWA reconhece que este indicador pode ser útil para o registro da evolução de um sistema.

Estes indicadores são um bom ponto de partida, mas nem sempre são suficientes para estabelecer diagnósticos, comparar alternativas, definir prioridades de atuação e monitorar a implementação de planos, de programas ou de medidas de gestão de energia. Apesar de permitirem à entidade gestora avaliar se o equipamento de elevação está funcionando de forma eficiente, não fornecem informações sobre o potencial de economia de energia que resultem do controle de outros aspectos (como, por exemplo, controle de perdas de águas, gestão de pressões). Além disso, nenhum destes indicadores permite avaliar a eficiência energética do sistema como um todo.

As entidades gestoras também utilizam correntemente indicadores de consumo específico de energia (expressos em kWh/m³), além dos indicadores do sistema da IWA referidos. Estes indicadores devem ser calculados com base em denominadores direcionados para os aspectos que estão sendo avaliados. Quando a avaliação se refere à globalidade do sistema, costuma usar-se como denominador o volume de água aduzida, ou seja, adota-se o indicador consumo específico de energia por volume de água aduzida no sistema (expresso em kWh/m³ de água entrada no sistema). Quando a aplicação incide apenas num grupo eletrobomba ou num conjunto de grupos, por exemplo, para avaliar a respectiva eficiência energética, adota-se como denominador o volume de água bombeada, ou seja, utiliza-se o consumo específico de energia por unidade de volume de água bombeada (expresso em kWh/m³ de água bombeada).

Em alternativa ao indicador de consumo específico de energia por volume de água aduzida no sistema, recomenda-se a utilização de outro, ainda não muito utilizado, correspondente ao consumo específico de energia por volume de água faturada (expresso em kWh/m³ de água faturada). Este indicador tem a vantagem adicional de permitir avaliar os efeitos de medidas tomadas no âmbito de programas de controle de perdas ou de uso eficiente da água.

Quaisquer destes indicadores pode ainda ser decomposto por tipo de energia (de origem fóssil, energia renovável), para melhor avaliação do impacto das medidas de gestão de energia em termos ambientais. Pode também ser expresso em termos de custo (e não de unidades de energia) e ser declinado por período tarifário (úmido ou seco; ponta ou fora de ponta) para avaliar a eficiência financeira da organização.

Estes indicadores não foram incluídos no sistema da IWA porque não permitem a comparação da eficiência energética entre sistemas diferentes, limitando-se a permitir comparações de cenários para um único sistema, ou a comparar eficiências médias normalizadas de equipamentos de bombeamento. No entanto, são úteis e aplicáveis neste contexto. No quadro 4 faz-se a correspondência entre os objetivos e critérios atrás definidos e os indicadores de consumo específico de energia, considerados mais relevantes.

Objetivo estratégico	Critério de avaliação	Medidas de desempenho
Garantir Sustentabilidade da entidade gestora	Sustentabilidade econômico-financeira	Consumo específico por unidade de volume de água faturada (R\$/m ³ de água faturada)
		Consumo específico em hora de pico por unidade de volume de água faturado (R\$/m ³ de água faturada)
		Consumo específico em hora fora de pico por unidade de volume de água faturado (R\$/m ³ de água faturada)
		Idem anteriores, expresso em R\$/m ³ de água bombeada
Proteger o meio ambiente	Redução das quantidades de energia consumida	Consumo específico por unidade de volume de água faturado (kWh/m ³ de água faturada)
		Consumo específico por unidade de volume de água bombeada (kWh/m ³ de água bombeada)
	Utilização de energias renováveis	Percentagem do consumo de energia com origem em combustíveis fósseis (%) Idem, para outras origens de energia (%), caso existam.

Quadro 4 - Exemplo de outros indicadores de desempenho de eficiência energética
Fonte: Duarte et. al., 2008

São apresentadas a seguir alternativas que reduzem o custo com energia elétrica sem necessidade de investimento e outras que necessitam de algum investimento. Entre as principais alternativas que levam a redução do custo sem a necessidade de investimento estão a alteração da estrutura tarifária, a regularização da demanda contratada e a desativação de equipamentos.

3.4.3 Redução do Custo sem Diminuição do Consumo de Energia Elétrica

O estudo para a redução do custo de energia elétrica deve ser iniciado pela análise das contas mensais de energia, o que permite verificar opções de economia e elaborar um programa de diminuição de despesas com energia elétrica. O conhecimento detalhado das características do sistema tarifário constitui o primeiro passo a ser dado, pois é necessário verificar se a atual forma de cobrança de energia elétrica de uma determinada instalação é a mais adequada (TSUTIYA, 2001).

As tarifas de energia elétrica são determinadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelece também os critérios de classificação dos consumidores e as formas de cobrança. As unidades consumidoras são classificadas em função da atividade exercida, ou seja, residencial, rural, iluminação pública e demais classes (consumidores industriais, comerciais, serviços e outras atividades, poder público e serviços públicos) (ANEEL, 2011).

Outra ação administrativa que pode reduzir os custos com energia elétrica é a regularização da demanda contratada, que consiste na adequação da demanda contratada e registrada, com o intuito de se evitar o pagamento de uma demanda não utilizada, ou ainda, no caso de tarifação horo-sazonal, de demanda de ultrapassagem (TSUTIYA, 2001).

Além disso, podem ser desativados equipamentos que não estejam sendo utilizados ou que permaneçam desativados por um período superior a seis meses, por meio do corte de ligação. Apesar de não haver consumo de energia, paga-se o consumo mínimo em baixa tensão e, no caso de alta tensão, a demanda contratada (TSUTIYA, 2001).

Dentre as alternativas que reduzem o custo com a necessidade de investimento em equipamentos e instalações estão: a correção do fator de potência, a alteração da tensão de alimentação e a melhoria do fator de carga.

Segundo Tsutiya (2001):

“O fator de potência não influi diretamente na energia elétrica paga nas contas mensais, isso porque os medidores de energia medem apenas a potência absorvida e a potência não aparente. Entretanto, nos motores em que o fator de potência é baixo, as correntes são maiores, aumentando as perdas na instalação, e em consequência, as concessionárias cobram uma sobretaxa pela energia elétrica para fator de potência abaixo de 0,92, resultando em aumento das contas mensais”.

A alteração da tensão de alimentação consiste na modificação do padrão de entrada de energia elétrica de baixa para alta tensão. O consumo com tarifa em alta tensão geralmente é mais econômico que em baixa tensão. No entanto, essa alteração só se torna possível, se for construída a entrada de energia elétrica para alimentação em alta tensão, ou seja, se o consumidor tiver transformador próprio para alimentar seus equipamentos (TSUTIYA, 2001).

O fator de carga é um importante índice que pode ser utilizado como indicativo da racionalidade do uso da energia elétrica nos SAA. Por exemplo, nas estações elevatórias indica o nível de utilização dos conjuntos motor-bomba. Melhorar o fator de carga significa aumentar o número de horas de utilização do conjunto motor-bomba o que requer, na maioria das vezes, sua substituição.

De acordo com Tsutiya (2001),

“nas estações elevatórias de água ou de esgoto, os conjuntos elevatórios são projetados para atender a 1ª etapa e às vezes a 2ª etapa de projeto. Como cada etapa corresponde a dez anos, os conjuntos motor-bomba são projetados para operarem adequadamente, 10 ou 20 anos após sua implantação, com fator de carga próximo a 0,9. Entretanto, na ocasião da implantação, normalmente os conjuntos elevatórios estão superdimensionados com fator de carga da ordem de 0,3, que pode permanecer baixo se a previsão de vazão feita pelo projetista falhar. Nesse caso, durante todo o período de projeto, as despesas com energia elétrica serão bem acima do esperado. Para melhorar o fator de carga é importante estabelecer etapas

para a implantação dos equipamentos de bombeamento, de modo que cada etapa seja de cinco anos, e ao longo desse período os conjuntos motor-bomba tenham um índice de utilização mínima de 14 horas/dia (FC = 0,6)”.

3.4.4 Redução do Custo pela Diminuição do Consumo de Energia Elétrica

O custo do consumo de energia é o produto da energia consumida em kWh pela tarifa do kWh, para diminuir os custos de energia seria necessário reduzir a altura manométrica ou o volume de água bombeada, ou aumentar a eficiência dos conjuntos motor-bomba (TSUTIYA, 2001). A seguir, são descritas essas três possibilidades.

A altura manométrica é composta pela altura geométrica e pelas perdas de carga. A primeira é definida como o desnível geométrico entre o nível do líquido na extremidade da tubulação de recalque e o nível do líquido no poço de sucção. Caso o sistema tenha sido bem projetado, dificilmente se consegue uma diminuição na altura geométrica. A segunda se refere às perdas de carga que ocorrem dentro das tubulações devido a vários fatores que estão relacionados (TSUTIYA, 2001).

Os principais fatores que são considerados para a escolha do material das tubulações são o diâmetro da tubulação, a pressão de serviço, as características do líquido, a declividade do terreno, a altura do aterro (quando as tubulações estiverem soterradas), tipo de solo, método de assentamento e seu custo econômico. Tsutiya (2001) destaca que a escolha do diâmetro de recalque é de fundamental importância para o cálculo das perdas de carga e, conseqüentemente, para o consumo de energia no conjunto elevatório.

A demanda menor de água implica de forma direta na diminuição dos custos de energia elétrica, uma vez que a potência do conjunto elevatório será menor. Além disso, cada metro cúbico de água produzida nos SAA do Brasil consome aproximadamente 0,71 kWh, se for reduzido o volume de água no sistema, é reduzida a demanda por energia elétrica. Dentre os fatores a serem considerados para a diminuição do volume de água em SAA destacam-se o controle de perdas de água e o uso racional de água.

O controle de perdas de água em SAA é de fundamental importância para as companhias de saneamento básico, pois está diretamente relacionado com a

receita e despesa das empresas. Do ponto de vista operacional, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados compreendendo tanto as perdas físicas (que representam a parcela não considerada) como as perdas não físicas (que correspondem à água consumida e não registrada).

Segundo Tsutiya (2001),

“a redução de perdas físicas permite diminuir os custos de produção, mediante redução do consumo de energia elétrica, de produtos químicos etc., e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta de água, sem expansão do sistema produtor. As ações mais importantes para a redução dessas perdas são: o controle de pressões na rede de distribuição (por exemplo, utilizando válvulas redutoras de pressão), a pesquisa de vazamentos (visíveis ou não), redução no tempo de reparo de vazamentos e gerenciamento da rede”.

A redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços. Essas perdas procedem de erros na macromedição, erros na micromedição, fraudes, ligações clandestinas, desperdício de água pelos consumidores de ligações sem hidrômetros, falhas no cadastro do usuário etc. No quadro 5 são dispostos os diversos usos da água nos SAA e a consequente divisão dos volumes que são efetivamente perdidos (físicos e não físicos).

Volume produzido	Volumes faturados	Volumes utilizados	Usos Faturados	Consumidores normais	
				Grandes consumidores	
				Fornecimento em caminhões-pipa	
				Outros	
	Volumes não faturados		Usos próprios	Operação	Instalações administrativas
					Descarga de redes
					Lavagem de reservatórios
					Lavagem de redes
					Outros
			Usos especiais	Suprimento de emergência (caminhões-pipa)	
				Combate a incêndios	
				Suprimento social (favelas e áreas invadidas)	
				Outros	
			Volumes perdidos	Perdas físicas	Vazamento/Arrebatamentos nas adutoras, redes e ramais
	Vazamento e extravazamentos em reservatórios				
	Outros				
	Perdas não físicas			Erros de micromedição e macromedição	
Ligações clandestinas					
Fraudes					
Política tarifária					
Lapso de cadastro (inativa, hidrômetro não-cadastro)					
Outros					

Quadro 5 - Estruturação dos consumos e das perdas

Fonte: Tsutyia, 2001

Segundo Tsutyia (2001):

“A eficiência ou rendimento de um motor elétrico é um parâmetro que indica a sua capacidade em converter a energia elétrica absorvida da rede em energia mecânica a ser fornecida ao eixo. Para gerir o processo de conversão eletromecânica, os motores utilizam-se de uma parcela da energia total absorvida, transferindo ao eixo a energia restante. A rigor, a parcela de energia retida nos motores, normalmente classificada como parcela de perdas, não pode ser eliminada por ser inerente ao seu próprio funcionamento, mas reduzida a níveis aceitáveis”.

O rendimento do motor e seu fator de potência são características fixadas no projeto dos motores, sendo que estes valores variam de acordo com o percentual de carga que o motor fornece em relação a sua potência nominal.

Caso os motores sejam superdimensionados, estes não oferecem as melhores condições de fator de potência e rendimento o que também resulta em um custo de demanda maior que o necessário. Para reduzir os custos operacionais devem-se selecionar motores cuja potência nominal se situa próxima das

solicitações mais frequentes. Por outro lado, quanto maior a potência, maior será o rendimento do motor, pois as perdas diminuem com o aumento da potência. Outro aspecto a se considerar é que motores de alta tensão tendem a ter rendimentos menores que os de baixa tensão, principalmente porque seus enrolamentos necessitam de maior isolamento (TSUTIYA, 2001).

O rendimento de uma bomba pode variar em função da associação com outras bombas. Uma bomba que opera sozinha pode ter um rendimento adequado, no entanto, se essa bomba operar em combinação com outras, o seu rendimento pode diminuir. É importante destacar que geralmente os motores apresentam rendimentos elevados, mesmo nas mais variadas condições operacionais, o que não acontece com as bombas, que possuem melhor rendimento somente dentro de uma faixa pequena de vazão e altura manométrica (TSUTIYA, 2001).

3.4.5 Redução do Custo pela Alteração do Sistema Operacional

As três principais alterações operacionais dos SAA, que podem reduzir substancialmente os custos de energia elétrica são: a alteração do sistema bombeamento-reservação, a utilização de variadores de rotação nos conjuntos motor-bomba e a alteração nos procedimentos operacionais de ETA's.

A maioria dos SAA permite que a distribuição ocorra por meio da ação da gravidade, mas nos casos onde não é possível, são utilizadas estações elevatórias para recalcar água em reservatórios de distribuição sendo que as bombas que recalcam água para reservatórios são projetadas com capacidade para atender a demanda máxima diária. Nesses casos o bombeamento ocorre durante todas as horas do dia mantendo os reservatórios cheios ou com um nível de água pré-determinado.

A operação de sistemas de bombeamento ocorre, usualmente, por meio do controle da vazão realizado por válvulas, que são manobradas de acordo com as necessidades operacionais de demanda. Neste caso, o ponto de operação do sistema é deslocado (ou seja, a intersecção da curva da bomba com a curva do sistema) por meio do aumento da perda de carga, progressivamente sobre a curva

da bomba até encontrar o ponto desejado para uma determinada vazão, com a bomba operando com rotação, conforme exemplifica a figura 6.

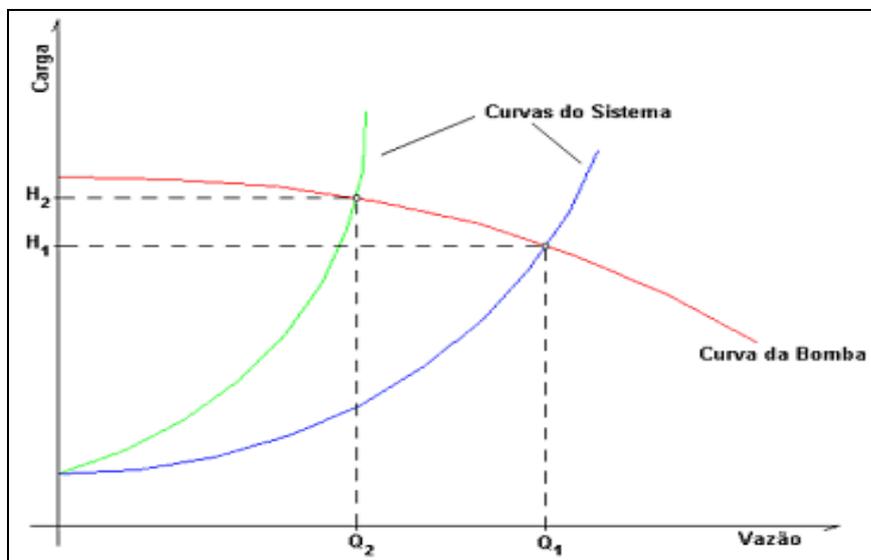


Figura 6 – Curva do sistema convencional com controle de vazão realizado por válvulas
Fonte: Rodrigues, 2007

Segundo Rodrigues (2011), outro método bastante comum em instalações de bombeamento é a utilização de um “by-pass” na saída do recalque, que tem a função de retornar parte da vazão recalçada ao reservatório de sucção fazendo com isso a dosagem da vazão aos níveis desejados.

Wood e Reddy (1994) apud Rodrigues (2011) definem muito bem esse tipo de operação dizendo ser o mesmo que:

“[...] conduzir um carro com o freio de mão acionado: o resultado é o desperdício desnecessário de energia”.

Quanto à conservação de energia, os sistemas de bombeamento são projetados em função de uma vazão e altura manométrica, tendo como referência as curvas de eficiência das bombas. Nesses casos, a mudança do ponto de operação, acarretará num rendimento inferior das bombas, o que aumenta o consumo de energia elétrica.

O conhecimento do processo de tratamento, das técnicas operacionais, de informações sobre os equipamentos eletromecânicos e das instalações elétricas são importantes para a redução nos custos de energia elétrica em ETA's.

A complexidade das ETA's varia de acordo com características da qualidade da água bruta que é tratada, do padrão de potabilidade a ser atendido e da vazão a ser tratada.

Os principais pontos de consumo de energia elétrica em uma ETA são bombas dosadoras de produtos químicos, equipamentos de mistura rápida, equipamentos de floculação, bombas para lavagem dos filtros, bombas para recalque de água de utilidades, bombas para remoção de lodo e bombas para a recuperação da água de lavagem de filtros.

Segundo Tsutiya (2001), os equipamentos de maior potência de uma ETA convencional, que podem sofrer alterações operacionais que efetivamente diminuem os custos de energia elétrica são:

- Bombas para lavagem dos filtros: uma ETA gasta em média de 2% a 5% do volume de água produzido no processo para lavagem dos filtros, portanto, é o maior volume de água gasto no processo de tratamento. Logo, a lavagem de filtros deve ocorrer, preferencialmente, fora do horário de pico;
- Bombas para a recuperação da água de lavagem dos filtros: uma recomendação usual, é que o retorno da água de lavagem não ultrapasse a 10% da vazão da água bruta afluente à ETA, de modo a permitir que não haja nenhum prejuízo no processo de coagulação-floculação, dosagem de coagulante e sobrecarga hidráulica nas unidades de tratamento. As bombas devem ser operadas fora do horário de pico, caso não seja possível, recomenda-se utilizar um gerador de energia elétrica;
- Bombas para remoção do lodo: o volume de água gasto na operação dos decantadores compreende não apenas o volume de água que corresponde a descarga do lodo, como também o volume de água gasto em sua limpeza. As bombas devem ser operadas fora do horário de pico;
- Bombas para o recalque de águas de utilidades: são geralmente volumes de águas gastos na lavagem de tanques de produtos químicos, preparo de soluções, entre outros. As bombas devem ser operadas fora do horário de pico.

Com o avanço da engenharia de controle e automação nos últimos anos foi possível o desenvolvimento de computadores e equipamentos sofisticados para serem utilizados nos SAA.

3.4.6 Redução do Custo pela Automação do SAA

Apesar do investimento em equipamentos sofisticados sejam maiores, a comparação técnico-econômica entre a sua utilização ou não, normalmente leva a optar pelo seu emprego, pois diminuem os custos de pessoal, reduz o consumo de energia elétrica e de produtos químicos, melhora a eficiência dos processos e aumenta a segurança na operação do sistema (TSUTIYA, 2001).

Quanto maior o número de informações usadas pelo sistema de automação para análise e tomada de decisão, menor a participação do homem no processo a ser controlado. O último passo, idealizado, é a total substituição do homem, capturando suas ações intuitivas em tempo real por programas computacionais, denominados sistemas especialistas (TSUTIYA, 2001). O quadro 6 ilustra os diferentes níveis de automação.

↑ Grau de Automação	Nível 6	Sistemas Especialistas	↑ Grau de Operação manual
	Nível 5	Modelagem sistêmica/Controle assistido	
	Nível 4	Controle e monitoramento remoto/Integração de funções completas	
	Nível 3	Coleta/Transmissão/Tratamento de dados e integração parcial das funções	
	Nível 2	Instrumento de campo/Operação local	
	Nível 1	Processo	

Quadro 6 - Níveis de automação
 Fonte: Tsutiya, 2001

Um sistema de controle de processos tem por objetivo trazer uma ou mais variáveis a um valor igual ou muito próximo a um referencial pré-estabelecido, em um intervalo de tempo aceitável. Para se realizar a medida desta(s) variável(is) é necessário um dispositivo inserido no processo, que é denominado sensor. O valor medido é subtraído do valor referência, gerando uma informação de erro (retroalimentação).

Dessa maneira, o objetivo do sistema de controle será cumprido quando essa informação for nula ou bem próxima disto. O erro, então, alimentará o controlador. Este é um dispositivo que pode executar diferentes ações com o intuito de trazer a variável controlada ao seu valor desejado. A esse conjunto de ações do controlador, denomina-se algoritmo ou estratégia de controle. O sinal de saída do controlador é responsável direto pelo modo de atuação do sistema no processo. Esse sinal vai para outros sistemas chamados de atuadores que acionam os elementos finais de controle (válvulas, bombas etc.) e, assim, modificam o valor da variável controlada. Todos esses elementos, assim dispostos, constituem um sistema de controle automático (TSUTIYA, 2001).

A automação assegura a obtenção da garantia da qualidade de processos, assim como, a otimização da rotina operacional que pode ser traduzida em aumentos de produtividade e redução de custos operacionais. Nos SAA verifica-se que o segundo maior custo com a operação é o consumo de energia elétrica, sendo os sistemas de bombeamento os maiores responsáveis por este consumo. Logo, a maioria das intervenções realizadas com a tecnologia de automação tem o propósito de otimizar a operação destes sistemas. A seguir são descritos exemplos de aplicações da automação nos SAA.

Quando a captação de água ocorre em corpos d'água sujeitos a lançamentos industriais, normalmente é necessário um consumo maior de produtos químicos e de energia elétrica para o tratamento de água. Uma alternativa adequada para a solução deste problema é o monitoramento da qualidade da água do corpo de captação, para que o processo de tratamento seja interrompido, quando se constatar uma deterioração significativa das características da água bruta (TSUTIYA, 2001).

Para a implantação desse sistema é necessário a instalação de sensores de qualidade de água no corpo d'água, assim como, uma estrutura de transmissão do sinal dos sensores para a ETA, onde um sistema computacional poderia intervir no sistema de bombeamento de captação de água bruta.

De acordo com Tsutiya (2001), o controle das bombas de água bruta pode ser feito, considerando ou não, a existência do reservatório de água. No caso de ser um reservatório de água após a ETA (caso mais comum), o controle das bombas de água bruta é feito através da variação no nível do reservatório.

Quando o nível do reservatório alcançar um valor máximo, um sinal seria enviado a um controlador para interromper o bombeamento. Abaixo de um nível mínimo, o sinal enviado do medidor de nível fará com que o controlador acione as bombas de captação da água bruta. Quando o abastecimento é feito diretamente da ETA, ou seja, sem reservação, o controle das bombas de água bruta é feito através de medidor de vazão instalado após a ETA. Geralmente, o sinal é enviado por esse medidor a uma bomba com inversor de frequência que ajusta a rotação da bomba, diminuindo ou aumentando a vazão de bombeamento de água bruta (TSUTIYA, 2001).

Após a filtração e desinfecção, a água tratada é normalmente encaminhada a um reservatório de água. O nível do reservatório é função do consumo de água e varia de acordo com o sistema de distribuição de água. Quando o sistema de distribuição é através de bombeamento para a rede e para o reservatório de jusante, as bombas são ligadas/desligadas ou a rotação da bomba é alterada em função da demanda de água. As bombas podem ser controladas da ETA ou de um centro de controle de distribuição de água (TSUTIYA, 2001).

A automação do processo na ETA envolve o monitoramento de características da água, da vazão afluyente, das variáveis de controle e a otimização dos parâmetros operacionais, tais como dosagem de produtos químicos, gradientes de velocidade na mistura rápida e na floculação e características da água decantada, filtrada e tratada.

Dentre os benefícios da automação no tratamento de água, com relação ao processo, está o aumento da eficiência, a otimização do consumo de energia elétrica e de produtos químicos, detecção de alterações no processo e execução automática de medidas corretivas. Para os equipamentos, os benefícios decorrem da identificação de problemas no funcionamento por meio de um sinal de alerta, aumento da capacidade de diagnóstico de defeitos, desligamento automático impedindo danos maiores e o aumento da vida útil dos equipamentos. Com relação ao pessoal, a automação proporciona informação confiável sobre o processo, operação mais segura, otimização da mão de obra, capacidade de resolver rapidamente problemas analíticos, minimização do potencial de erro humano, automação de toda a planta de operação, decréscimo das planilhas de trabalhos manuais e registros mais completos de dados de operação (TSUTIYA, 2001).

O funcionamento satisfatório de uma ETA automatizada está condicionado às vazões afluentes (de água bruta e de possível reuso da água de lavagem de filtros e de descargas de decantadores) e à qualidade da água bruta e da água tratada.

3.4.7 Redução do Custo pela Geração de Energia Elétrica

As principais alternativas para a geração de energia elétrica que poderão ser viáveis para serem aplicados em SAA são o aproveitamento de potenciais energéticos e o uso de geradores no horário de pico.

Nos SAA muitas vezes é necessário a construção de um reservatório de acumulação de água e tradicionalmente, este possui pequena altura de queda, tendo como único objetivo acumular o excesso de água no período chuvoso e liberá-lo quando a vazão do curso d'água se torna incapaz de atender à demanda. Entretanto, com o aumento nos custos de energia elétrica e o desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), o potencial hidráulico proporcionado pelo desnível dessas barragens pode apresentar potencial técnico e econômico para a geração de energia elétrica. Com isso seriam obtidos vários benefícios, entre os quais, a redução dos gastos com energia elétrica (junto às concessionárias de energia), segurança no fornecimento de energia elétrica para os SAA (até mesmo autossuficiência energética), sem impactos ambientais adicionais.

O uso de geradores de energia elétrica no horário de pico também é uma alternativa para a geração de energia elétrica em SAA. Esses geradores podem ser movidos a diesel, que tem como vantagens o baixo investimento inicial e o retorno rápido do investimento; ou a gás, que é um combustível mais limpo e mais adequado para cogeração. Além disso, possuir um grupo gerador no SAA garante o suprimento de energia elétrica e manutenção das operações durante sinistros, como por exemplo, blecautes (TSUTIYA, 2001).

Os programas de racionalização do uso de energia elétrica têm como objetivo fundamental a eliminação de desperdício, pois o consumo racional ocasiona o máximo desempenho com o mínimo de consumo, sem comprometer a segurança e a qualidade dos serviços. Esses programas são desenvolvidos reconhecendo que

a energia elétrica é um insumo de alto custo e que deve ser utilizado da forma mais eficaz.

3.4.8 Programas de Racionalização do uso de energia no Setor de Saneamento Básico

O governo federal possui um programa permanente que objetiva a modernização do setor de saneamento básico do Brasil. O Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) proporciona apoio técnico para o desenvolvimento de mudanças nos órgãos e entidades do setor saneamento, especialmente os prestadores de serviços (municipais e estaduais). O foco de atuação do programa tem sido a reestruturação dos prestadores públicos, com ações nas áreas institucional, operacional, administrativa, financeira, comercial e jurídica (MCIDADES, 2011).

Além do apoio direto o PMSS estuda arranjos alternativos de gestão que permitam o melhor desempenho do prestador de serviços. Segundo MCIDADES (2011):

“todo o processo de apoio às intervenções de mudança e melhoria dos órgãos e entidades do setor de saneamento, em especial dos prestadores de serviço, deve estar vinculado a propósitos e compromissos claros de mudança sendo continuados na medida em que as avaliações demonstrem avanços na obtenção de resultados concretos de mudança, expressos na melhoria de desempenho, conforme os objetivos acordados”.

Com o intuito de amenizar o problema crônico das perdas de água e energia elétrica nos SAA brasileiros, foi formado dentro do escopo do PMSS, um projeto demonstrativo técnico e institucional visando o gerenciamento integrado de perdas de água e do uso de energia elétrica em SAA, denominado Projeto COM + ÁGUA. O projeto tem como parceiros prestadores de serviço de saneamento interessados em implementar um novo modelo de gestão, com foco no gerenciamento integrado e participativo do controle e redução das perdas de água e do uso de energia elétrica.

O projeto, concebido em cinco áreas temáticas, se desdobra em nove subprojetos de forma a facilitar a operacionalização, a agregação de pessoas e a distribuição de tarefas conforme é mostrado na Figura 7 (MCIDADES, 2009).



Figura 7 – Projeto COM + ÁGUA: Inter-relações das áreas temáticas e subprojetos

Nota: Perdas aparentes são também denominadas perdas físicas e perdas reais, perdas não físicas
 Fonte: MCIDADES, 2011

Para cada um dos subprojetos é alocado um coordenador e um grupo de trabalho que elabora os planos de ação específicos e acompanham a implementação. O conceito de desenvolvimento integrado é importante, pois afirma que não há predominância de um subprojeto sobre o outro, reforçando a necessária articulação que deve ocorrer entre os mesmos (MCIDADES, 2011).

Com relação ao subprojeto quatro, gestão de energia elétrica, os diagnósticos situacionais consideram os índices de perdas na distribuição e de consumo de energia elétrica em SAA, presentes no SNIS. Com essas informações é possível obter o escopo do plano de ação que tem como objetivo principal, implementar medidas para a melhoria da eficiência elétrica e hidráulica nos sistemas de bombeamento e da gestão da energia elétrica, visando a redução dos gastos e custos com esse importante insumo dos SAA (MCIDADES, 2011).

As ações de eficiência energética, do ponto de vista operacional, referem-se à otimização e automação de procedimentos e melhoria de rendimento dos conjuntos motor-bomba. As ações administrativas focam na gestão das contas de energia elétrica em todas as instalações do processo produtivo, desde as elevatórias de água tratada, às elevatórias de água bruta, contemplando os processos das ETA.

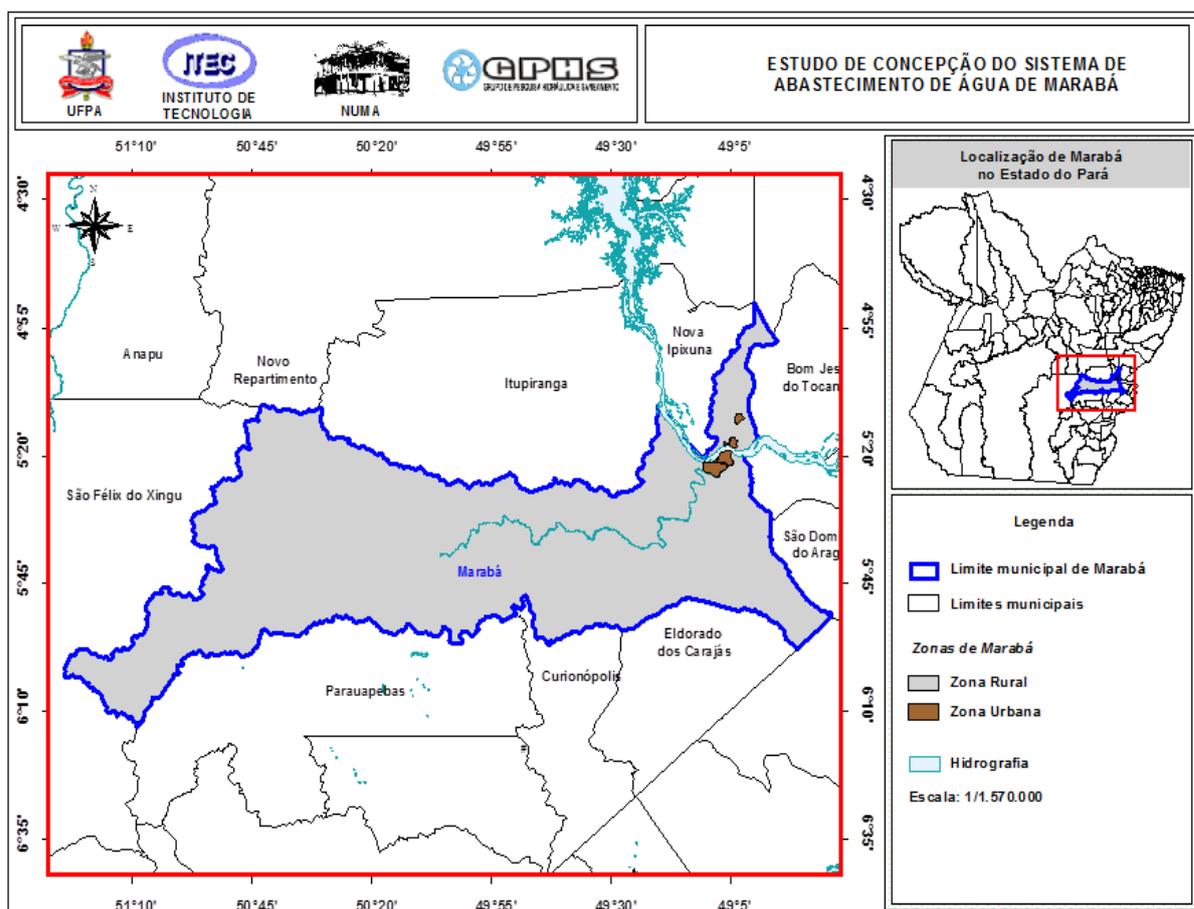
Dentre as práticas de gestão da energia elétrica, são elaborados diagnósticos com base em indicadores como fator de carga, custo médio da energia elétrica consumida (R\$/MWh) e de eficiência (kWh/m³).

Portanto, destaca-se como relevante a inserção de dados que contribuam efetivamente para gestão hidroenergéticas nos sistemas de abastecimento de água, ampliando a cobertura e a disponibilidade de informações estratégicas quando da implantação de instrumento indicadores, a fim de melhorar a tomada de decisão dos gestores responsáveis pelos sistemas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Município de Marabá, localizado no Estado do Pará, nas coordenadas 5°11'89" latitude e 49°7'04" longitude.

O Município de Marabá localiza-se no sudeste paraense, tendo como limite as cidades de Itupiranga, Jacundá e Rondon do Pará, ao Norte; São Geraldo do Araguaia, Curionópolis, Parauapebas, São Félix do Xingu, ao Sul; Bom Jesus do Tocantins e São João do Araguaia, ao Leste; e a Oeste, o Município de Senador José Porfírio distante cerca de 490 Km da Capital paraense (Belém). No mapa 1 é mostrado a localização do Município de Marabá.

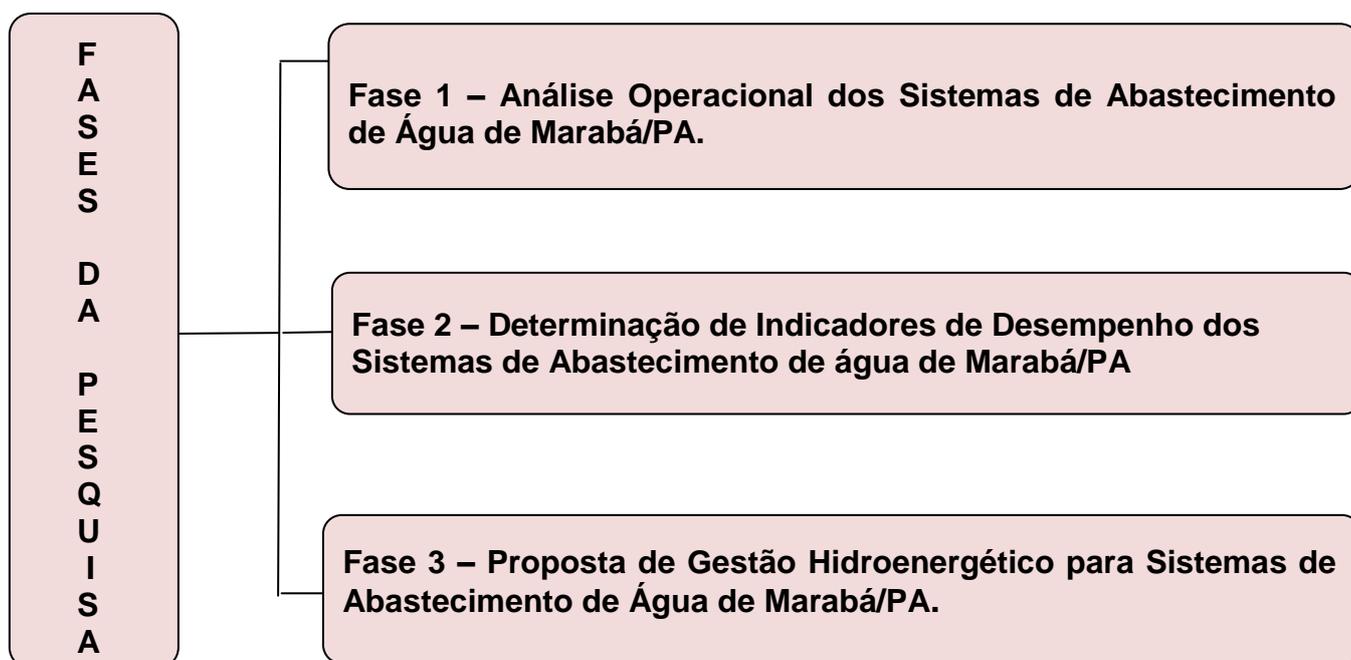


Mapa 1 – Localização do Município de Marabá
Fonte: GPHS, 2011.

A área de estudo foram os sistemas de abastecimento de água da Nova Marabá – Cidade Nova e da Marabá Pioneira. Esses SAA's são gerenciados pela Unidade de Negócios Tocantins (UNITO) da Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA.

4.1 FASES DA PESQUISA

A pesquisa tem como base os dados da COSANPA de janeiro a dezembro de 2010, tendo 3 fases, conforme mostra no fluxograma 1.



Fluxograma 1 - Fases da Pesquisa

4.1.1 Fase 1 – Análise Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.

Nessa fase foi caracterizado os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's). Sendo realizado levantamento junto a Unidade de Negócios Tocantins (UNITO): População atendida pelos sistemas de abastecimento de água; Quantificação das ligações ativa e inativa dos núcleos da Nova Marabá, Cidade Nova e Marabá Pioneira; Descrição das instalações hidráulicas que compõem os sistemas de abastecimento de água. A partir da caracterização foi possível definir a atual realidade dos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA.

A análise operacional dos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá foi dividida em 2 (duas) etapas, como mostrado no fluxograma 2:



Fluxograma 2 – Etapas da análise operacional dos SAA

Etapa 1 – Análise da produção de água dos sistemas de abastecimento de água.

Nessa etapa foi estimada a produção de água (m³) nos sistemas de abastecimento de água. Para isso foi analisado os dados do volume de produção, obtido das planilhas de controle de água dos sistemas de abastecimento fornecida pela COSANPA de janeiro a dezembro de 2010, sendo realizada a análise situacional dos sistemas de abastecimento de água.

Esses dados foram totalizados e agrupados, sendo, então, elaborados gráficos e tabelas para facilitar a análise do consumo de água.

Etapa 2 – Análise do consumo e custo de energia elétrica dos sistemas de abastecimento de água.

Nessa etapa foi determinado o consumo (kWh) e custo (R\$) de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água.

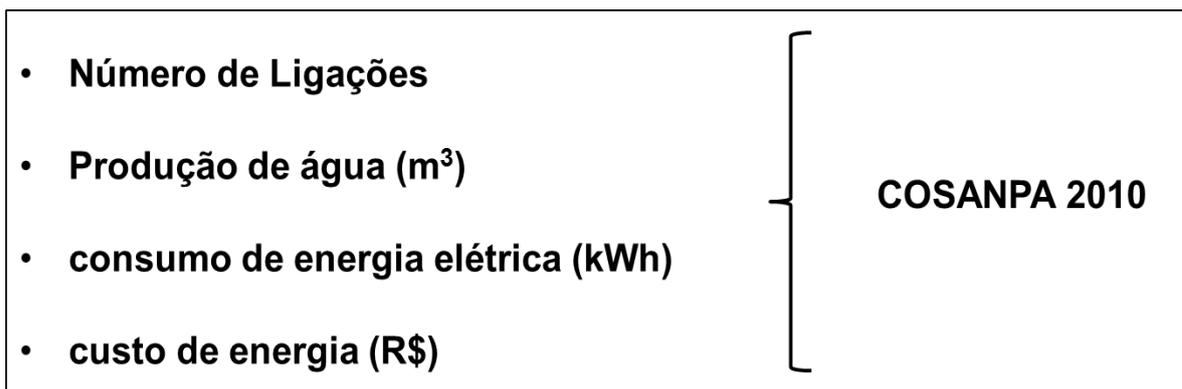
O consumo e o custo de energia elétrica foram diretamente relacionados com o volume de água bombeado nas estações elevatórias dos sistemas de abastecimento de água. Nesse sentido, os valores foram determinados

com base nos dados obtidos das planilhas de controle mensal da COSANPA do ano de 2010.

Esses dados foram totalizados e agrupados, sendo, então, elaborados gráficos e tabelas para facilitar a análise do consumo e custo de energia elétrica.

4.1.2 Fase 2 – Determinação de Indicadores de Desempenho dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.

Nessa fase os dados do número de ligações, da produção de água (m³) dos sistemas de abastecimento, bem como, os valores em reais do consumo de energia elétrica (kWh) e o custo de energia (R\$) pago pela COSANPA no ano de 2010, foram relacionados para determinação de indicadores de desempenho.



Os dados foram relacionados conforme as etapas descritas:

Etapa 1 – Relação despesas de energia elétrica e número de ligação

A relação foi determinada em função do custo médio mensal com energia elétrica (R\$) pelo número de ligações (lig). Os dados foram obtidos do setor comercial e operacional da COSANPA.

$$R(\text{cee/lig}) = \text{custo de EE (R\$)} / \text{número de ligações (lig)}$$

Etapa 2 – Relação custo e consumo de energia elétrica

A relação foi determinada em função do custo com energia elétrica (R\$) em cada mês pelo consumo de energia elétrica (kWh). Os dados foram obtidos da análise operacional dos sistemas de abastecimento de água município de Marabá/PA.

$$R(\text{cee/ee}) = \text{custo de EE (R\$)} / \text{consumo de energia (kWh)}$$

Etapa 3 – Relação do custo de energia elétrica e volume de água produzido

A relação foi em função do custo com energia elétrica (R\$) nos meses pelo volume produzido de água (m³). Os dados foram obtidos dos relatórios operacionais e das planilhas de consumo e custo de energia elétrica mensal da COSANPA no ano de 2010.

$$R(\text{cee/vp}) = \text{custo de EE(R\$)} / \text{volume de água produzido (m}^3\text{)}$$

Etapa 4 – Relação do consumo de energia elétrica e volume de água produzido

A relação será em função do consumo de energia elétrica (kWh) pelo volume produzido de água (m³). Os dados foram obtidos dos relatórios operacionais e das planilhas de controle da COSANPA no ano de 2010.

Nessa etapa foi definida a quantidade de energia consumida nos sistemas abastecimento de água, ou seja, o número de quilowatt-hora consumido por metro cúbico de água entregue aos consumidores (kWh/m³).

$$R(\text{ee/vp}) = \text{consumo de EE(kWh)} / \text{volume de água produzido (m}^3\text{)}$$

Com os dados foi possível oferecer uma estrutura de melhores práticas para a COSANPA desenvolver a eficiência energética, planos de intervenção, medidas e investimentos prioritários de eficiência energética, monitorarem e documentarem resultados, e assegurar uma contínua e constante melhoria do desempenho da eficiência energética no SAA.

4.1.3 Fase 3 – Proposta hidroenergético para Sistema de Abastecimento de Água de Marabá/PA.

Nessa fase foi proposto reunir dados seguros, confiáveis e precisos, a fim de que sejam utilizados adequadamente, tornando-se informações estratégicas para a gestão dos sistemas de abastecimento de água do Município de Marabá/PA.

Para isso, serão propostas registro em tempo real, periodicidade, precisão, confiabilidade, descentralização, sistematização, participação e disseminação das informações dos SAA's.

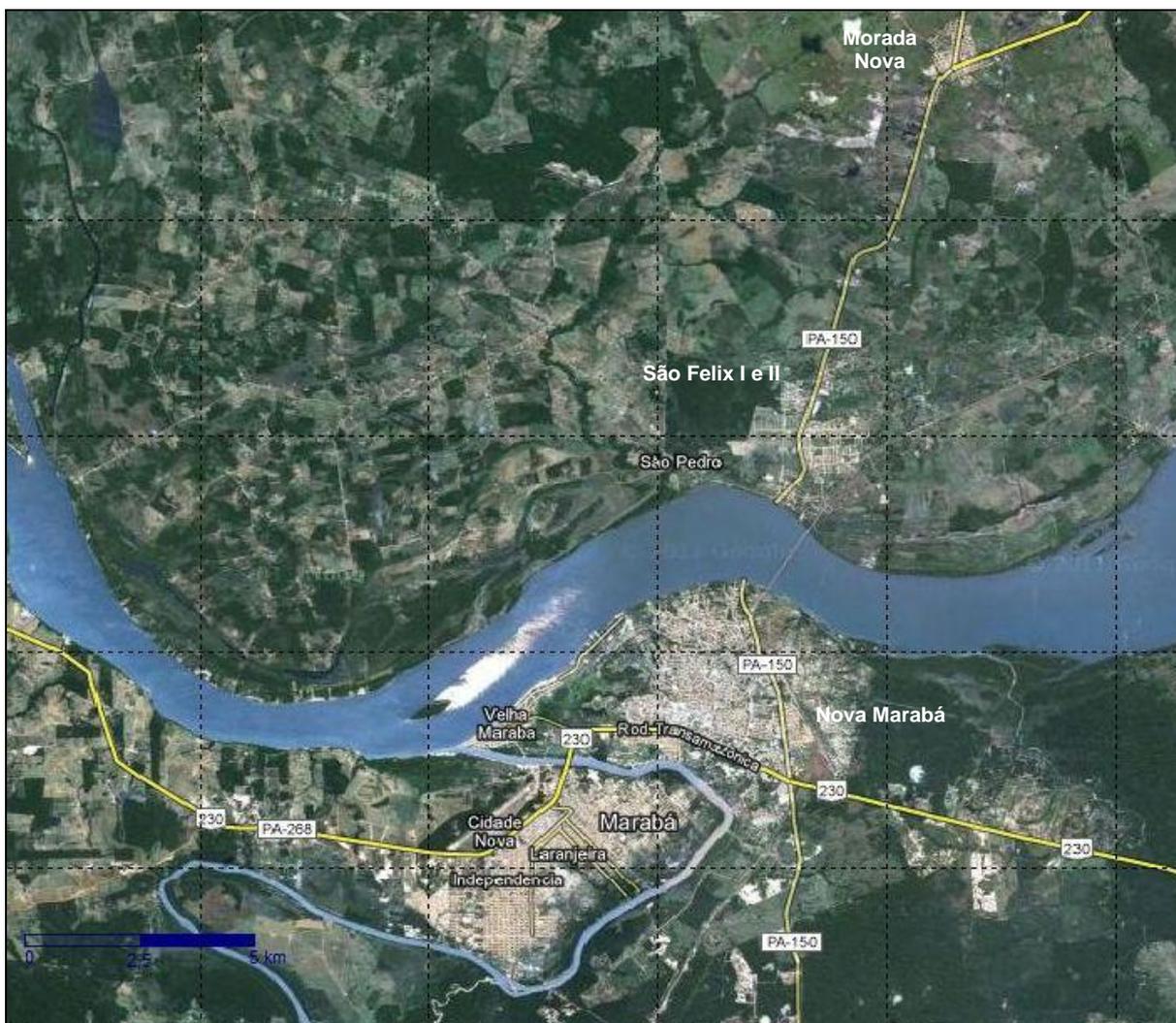
Propondo procedimentos para aumentar a eficiência do controle hidroenergético na operação dos sistemas, como setorização, macromedição, micromedição, automação, o que trará reflexos positivos ao gestor, pois as informações proverão, de forma rápida e simples, os pontos vulneráveis e que, portanto, exigem ações hidroenergéticas pontuais, imediatas e eficazes, as quais acabam tendo grandes reflexos nos SAA's de Marabá/PA.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente o município é o quarto mais populoso do Pará, contando com aproximadamente 233.462 habitantes, e com o 4º maior PIB do estado, com 3.593.892.005 mil, o seu IDH é 0,714, sendo considerado médio pelo PNUD/2000 e sua renda per capita em 2008 era de 17.974,31. É o principal centro socioeconômico do Sudeste Paraense e uma das cidades mais dinâmicas do Brasil (IBGE, 2010).

A Cidade de Marabá, é dividida em 5 (cinco) núcleos urbanos bem distintos: Marabá Pioneira ou Velha Marabá, situada às margens dos Rios Tocantins e Itacaiúnas; Cidade Nova, a mais organizada dos núcleos; e Nova Marabá, onde os bairros recebem o nome de folhas numeradas, sendo o núcleo que mais se desenvolve na cidade; São Félix I e II, situada depois da ponte sobre o rio Tocantins e Morada Nova, distante 20 km de Marabá.

Os núcleos urbanos da Cidade de Marabá são atendidos pelos sistemas de abastecimento de água (SAA's) da prefeitura municipal, da companhia de saneamento do Pará (COSANPA) e por sistemas individuais. No mapa 2 e tabela 12 são mostrados a visão geral dos 5 (cinco) núcleos urbanos e o responsáveis pelo abastecimento de água, respectivamente.



Mapa 2 – Visão geral dos núcleos urbanos
 Fonte: Goolge Image, 2011.

Tabela 12 – Responsáveis pelo abastecimento de água nos núcleos urbanos de Marabá-PA

Núcleos de Marabá	PREFEITURA MUNICIPAL	COSANPA	INDIVIDUAL
Marabá Pioneira	X	X	X
Cidade Nova	X	X	X
Nova Marabá	X	X	X
São Felix I e II	X		X
Morada Nova	X		X

A prefeitura municipal de Marabá atende os núcleos urbanos por meio de Solução Alternativa Coletiva (SAC's), com ou sem rede de distribuição. Os SAC's, em geral, encontram-se associados a fontes, poços, chafarizes comunitários ou

ainda através de distribuição de água por veículo transportador. Há ainda casos de instalações particulares, condomínios horizontais e verticais, hotéis, clubes, que optam por implantar e operar com instalações próprias.

Os núcleos da Cidade Nova, São Félix (I e II) e Morada Nova são atendidos em sua maioria por Solução Alternativa Individual (SAI), onde o abastecimento é por meio de poços que atende a um único domicílio.

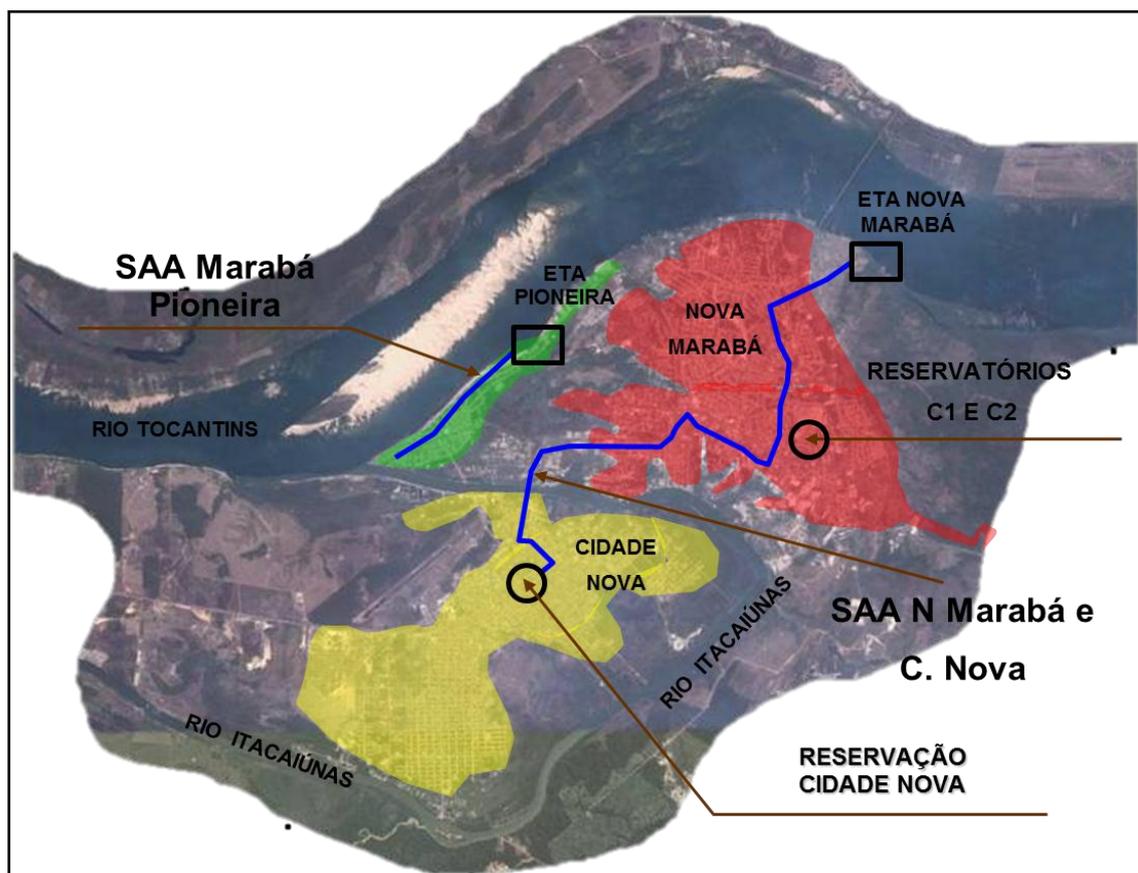
A COSANPA atende os núcleos urbanos da Nova Marabá, Cidade Nova e Marabá Pioneira, utilizando-se de 2 (dois) sistemas de abastecimento de água independentes, com captação de água do rio Tocantins, estação de tratamento de água, elevatórias, reservação e distribuição de água por meio de rede.

A seção seguinte são comentados os 2 (dois) sistemas de abastecimento de água (SAA's) da COSANPA, responsável pelo abastecimento de água da população urbana de Marabá-PA.

5.1 Fase 1 – Análise Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.

Os 2 (dois) Sistemas de Abastecimento de Água são independentes. O mais antigo, que atende exclusivamente ao núcleo Marabá Pioneira recebe água da Estação de Tratamento de Água da Marabá Pioneira (ETA PIONEIRA). E o segundo, e maior sistema, que atente ao núcleo Nova Marabá e parte do núcleo Cidade Nova recebe água da Estação de Tratamento de Água da Nova Marabá (ETA NOVA).

No mapa 3 são identificando os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's) da COSANPA é mostrado localização no Município de Marabá.



Mapa 3 – Sistemas de Abastecimento de Água da COSANPA
 Fonte: Google Earth, 2011.

Os Sistemas de abastecimento de água da COSANPA atendem a população de aproximadamente 88.000 habitantes, com índice de atendimento urbano de 47% do total de 186.000 habitantes. Os SAA apresentam total de 22.384 ligações, sendo que 18.831 estão ativas e 3.553 inativas. Na tabela 13 é mostrado o número de ligações ativas e inativas dos núcleos que são abastecidos pelos sistemas, bem como o percentual de atendimento a população.

Tabela 13 – Número de ligações ativas, inativas e percentual de atendimento.

Núcleos de Marabá	Ligações ativas	Ligações Inativas	(%) População atendida
Marabá Pioneira	2.093	204	82%
Cidade Nova	2.180	1.012	5%
Nova Marabá	14.558	2.337	72%
Total	18.831	3.553	-

Fonte: COSANPA, 2010.

No gráfico 1 é mostrado o percentual de atendimento a população nos núcleos de Marabá.

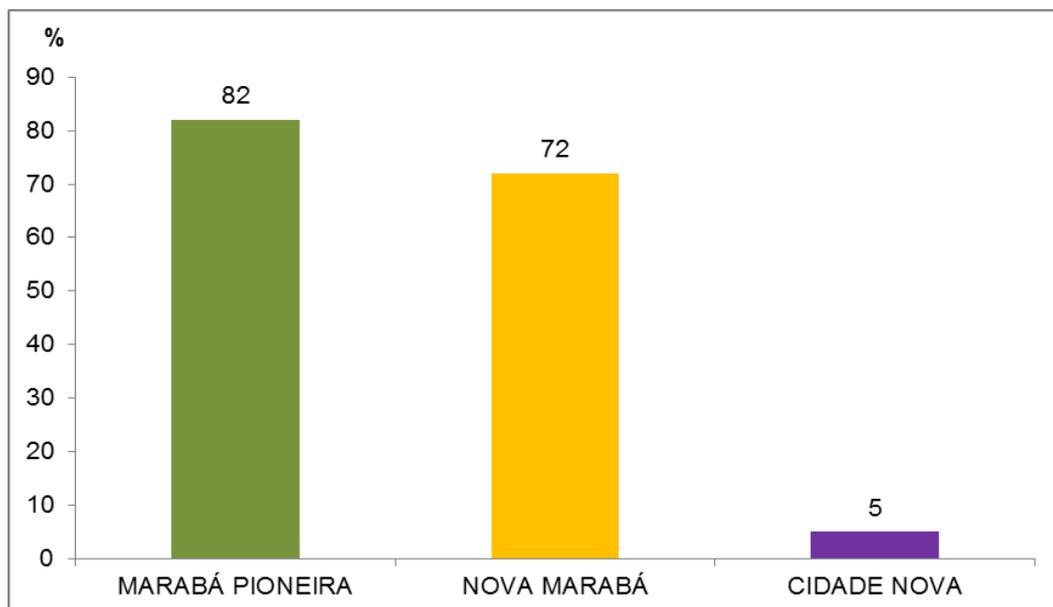


Gráfico 1 – Atendimento a população nos núcleos

Considerando que, as 26 companhias de saneamentos e a COSANPA, em média produzem 10,8 bilhões m^3 /ano e 154 milhões m^3 /ano (1,43% da produção total), respectivamente. Os sistemas de abastecimento de água de Marabá tem uma produção de 15,8 milhões m^3 /ano, correspondendo a 10,26% do total de água produzido pela Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, conforme apresentado no gráfico 2.

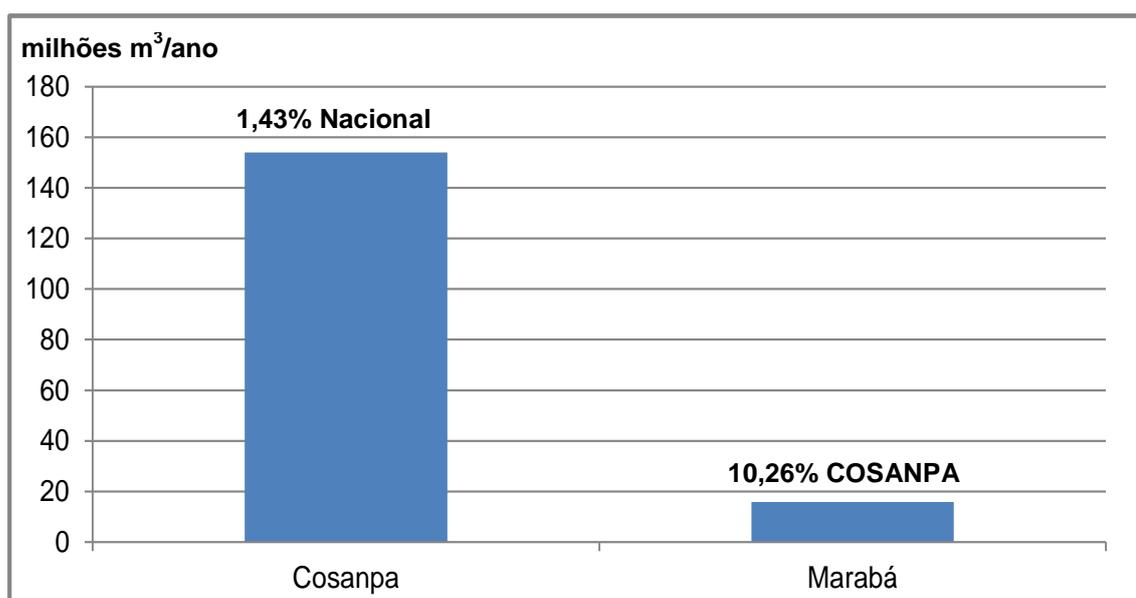
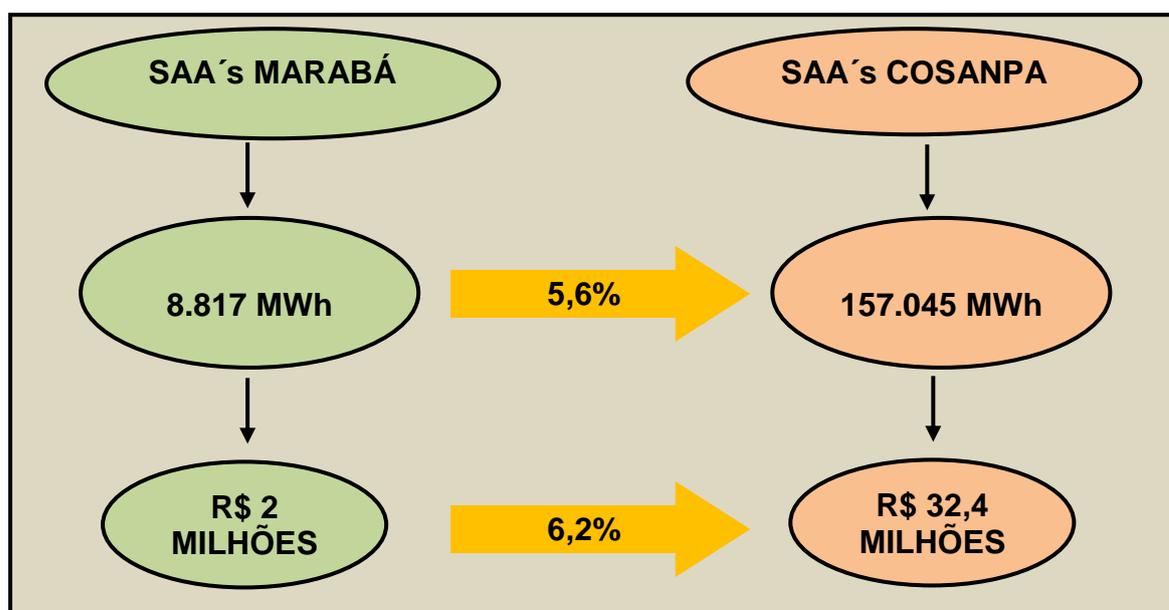


Gráfico 2 - Produção de água da COSANPA e dos SAA de Marabá/PA.

Os SAA consumiram 8.817 MWh/ano correspondentes a 5,6% do consumo total (157.045 MWh/ano) de energia elétrica da companhia, e tiveram uma despesa de aproximadamente R\$ 2 milhões/ano correspondente 6,2% dos custos totais (R\$ 32,4 milhões/ano) da COSANPA. No esquema 1 é representado o consumo e custo com energia elétrica nos SAA de Marabá e COSANPA.



Esquema 1 - Consumo e custo com energia elétrica nos SAA de Marabá e COSANPA.

Os dois SAA da UNITO produzem volume total 1,32 milhões m³/mês, com faturamento médio mensal de R\$ 788.124,00, com arrecadação mensal de R\$ 336.208,00, ou seja, a eficiência na arrecadação da COSANPA é da ordem de 42,6% ao mês.

As informações financeiras (DEX LOCAL) dos sistemas de abastecimento de água de Marabá, com seus respectivos índices, são descritos na tabela 14.

Tabela 14 – Informações financeiras dos SAA.

DEX Local	R\$	(%)
Pessoal	212.473,00	41,12
Produtos químicos	81.239,00	15,72
Energia elétrica	166.369,00	32,20
Serviços de terceiros	2.846,00	0,6%
Materiais	6.451,00	1,25%
Fiscais	47.323,00	9,16%
Total	516.701,00	-

Fonte: COSANPA, 2010.

No gráfico 3 são apresentados os valores do DEX por m³ produzido de água nos sistemas da COSANPA no Município de Marabá.

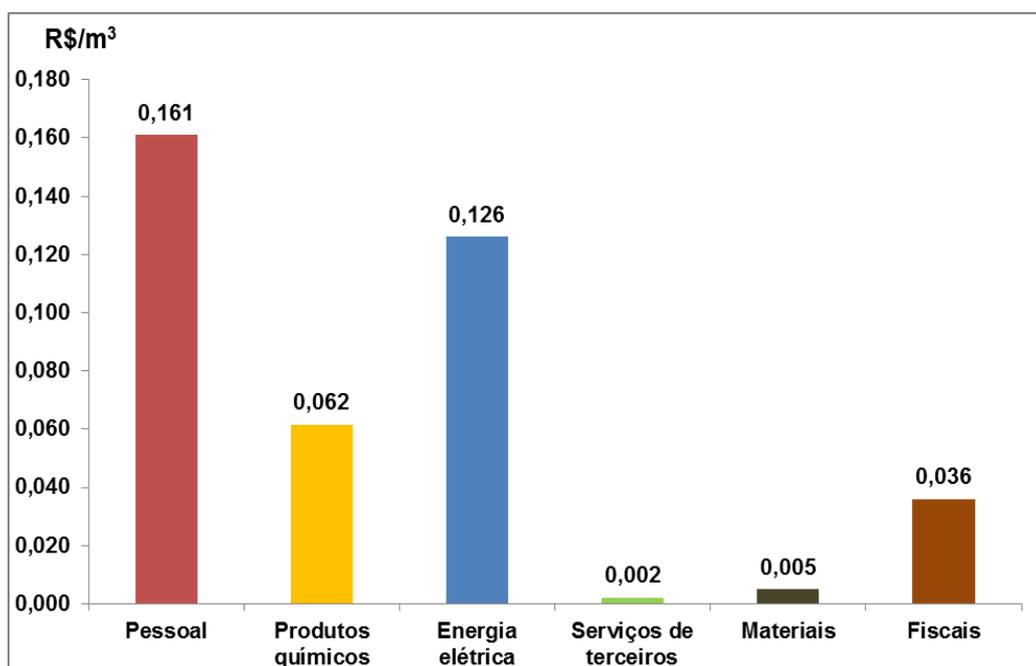


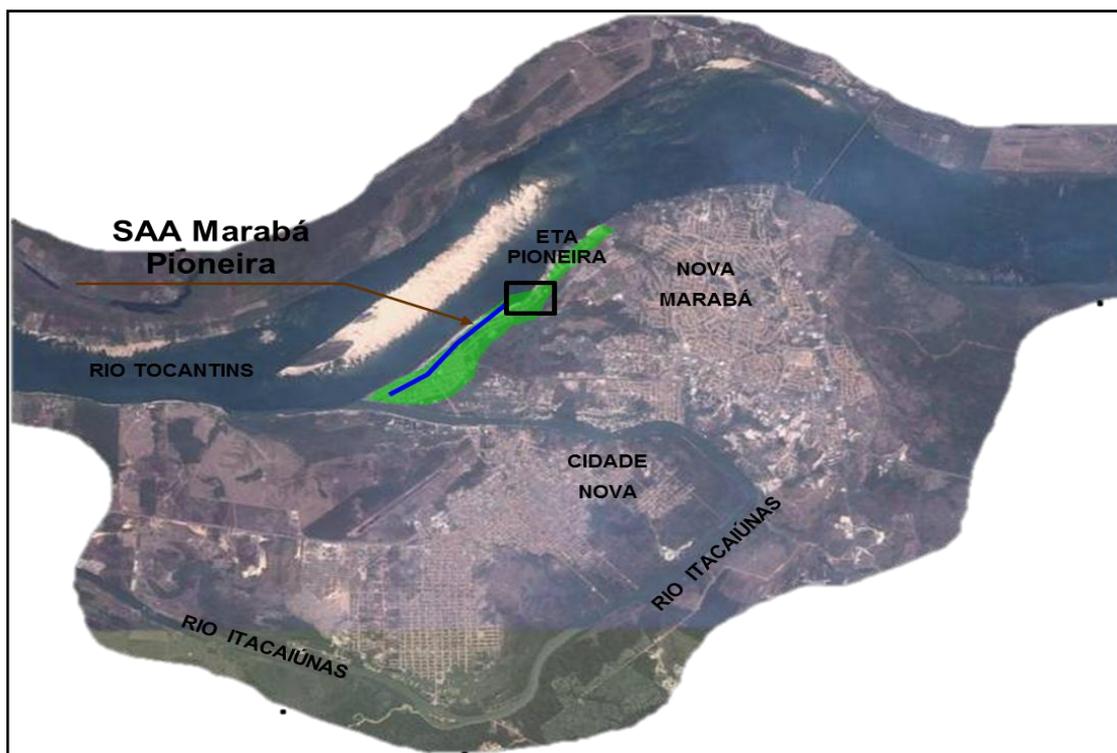
Gráfico 3 – Valores do DEX por m³ produzido de água nos SAA's de Marabá

Como observado na tabela 14 às despesas de energia elétrica é o segundo maior item de custo dos SAA de Marabá, representando 32,2% das despesas financeiras, ficando atrás apenas das despesas com pessoal que foi de 41,12%. Se comparado às despesas com energia elétrica por arrecadação, o percentual sobe para 49,5%.

É importante ressaltar que as informações da COSANPA (Tabela 14) não são segmentadas por sistemas, o que impede a comparação dos valores mensais do DEX entre os sistemas da Nova Marabá – Cidade Nova e Marabá Pioneira. No entanto, existe controle operacional interno da companhia de produção de água e energia elétrica, que permite a análise de cada sistema, conforme será apresentado a seguir.

➤ SAA MARABÁ PIONEIRA

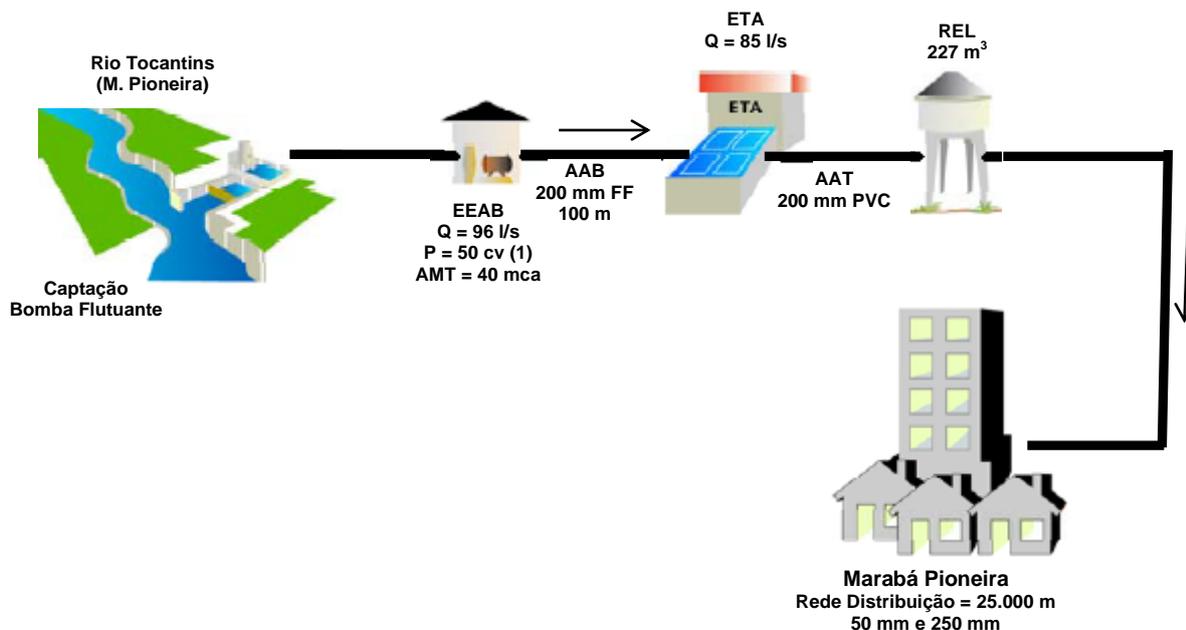
O núcleo Marabá Pioneira está localizado na confluência dos Rios Tocantins (Norte) e Itacaiúnas (Sul), e está sujeito a contínuas inundações. No mapa 4 é mostrado o Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's) que atende o núcleo da Marabá Pioneira.



Mapa 4 – SAA's Marabá Pioneira
Fonte: Google Earht, 2011.

O núcleo Marabá Pioneira é atualmente atendido por um sistema independente, com capacidade para tratar e distribuir vazões de água entre 80 l/s e 85 l/s. A seguir é descrito as unidades do sistema:

No esquema 2 é representado as etapas do sistema e abastecimento de água da Marabá Pioneira.



Esquema 2 – Sistema de abastecimento de água da Marabá Pioneira.

- Captação - é constituída de um flutuante, ancorado próximo à margem do Rio Tocantins.
- Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) - encontra-se instalada sobre o flutuante de captação. É composta de 2 conjuntos de recalque de eixo vertical com capacidade nominal de 48 l/s, potência de 50 cv e altura manométrica total de 40 m.c.a.
- Adutora de Água Bruta (AAB) - aduz água do flutuante para a Estação de Tratamento de Água. Consiste de duas linhas de tubulação de ferro fundido de 200 mm de diâmetro e 100 m de comprimento cada.
- Estação de Tratamento de Água (ETA) - é composta de: uma casa de química, dois filtros rápidos de fluxo ascendente com leito de areia (tipo russo), construídos em concreto armado, uma ETA compacta em chapa de ferro constituída de um floco-decantador e dois filtros de areia pressurizados, dois tanques de contato de 20 m cada, e um reservatório de lavagem dos filtros, elevado, com capacidade de 227 m³. A capacidade total da ETA é de 85 l/s.
- Adutora de Água Tratada (AAT) - de 200 mm de diâmetro em PVC, confunde-se com a rede de distribuição, alimentando-a em diversos pontos.
- Reservação (REL) - consiste no reservatório elevado de 227 m³ que serve para a lavagem dos filtros e para os tanques de contato da ETA.
- Rede de distribuição - possui a extensão total de 25.000 m, com diâmetros

que variam entre 50 mm e 250 mm.

✓ Análise da produção de água do SAA Marabá Pioneira

O SAA que atende o núcleo da Marabá Pioneira produziu em média 219.000 m³/mês de água, com valores máximo e mínimo de 223.200 m³/mês e 201.600 m³/mês, respectivamente, conforme apresentado no gráfico 4.

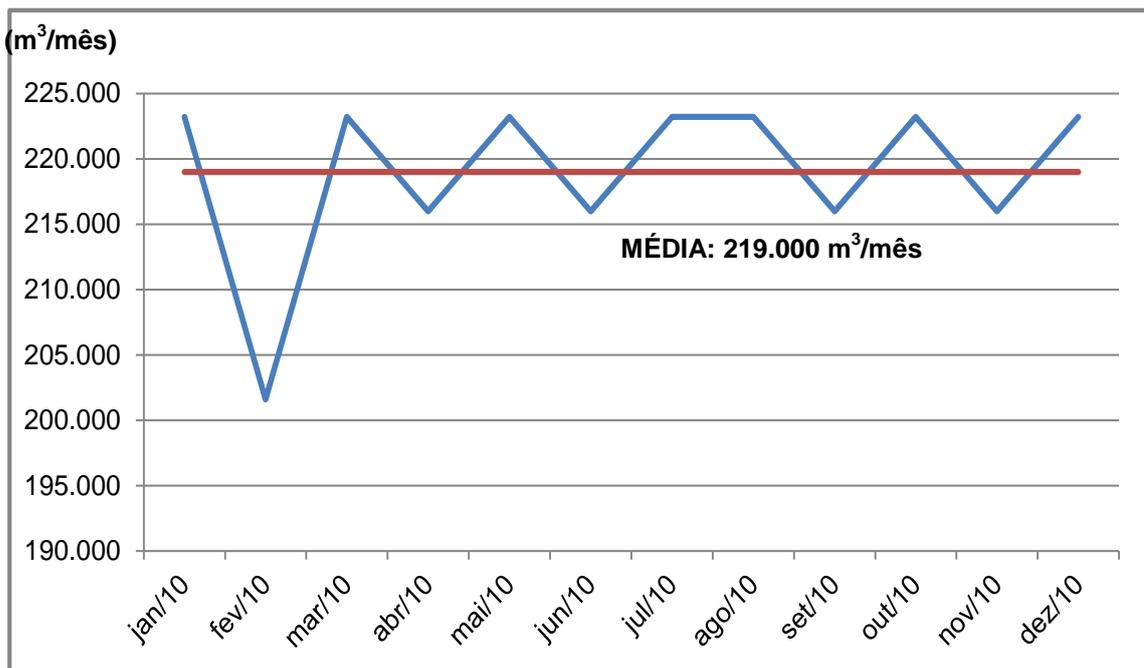


Gráfico 4 - Produção de água do SAA que atende os núcleos da Marabá Pioneira.

Na tabela 15 são mostradas as informações da produção de água do sistema de abastecimento de água que atende a Marabá Pioneira, no período de janeiro a dezembro de 2010.

Tabela 15 – Informações da produção de água que atende a Marabá Pioneira no ano de 2010.

Meses	m³/h	m³/mês
Janeiro	300	223.200
Fevereiro	300	201.600
Março	300	223.200
Abril	300	216.000
Maio	300	223.200
Junho	300	216.000
Julho	300	223.200
Agosto	300	223.200
Setembro	300	216.000
Outubro	300	223.200
Novembro	300	216.000
Dezembro	300	223.200
Média	300	219.000
Total (ANO)	3.600	2.628.000

Fonte: COSANPA, 2010.

No núcleo da Marabá Pioneira, a produção de água do sistema de abastecimento no período avaliado foi de 2.628.000 m³/ano, sendo verificado que o mês de fevereiro teve a menor produção anual.

✓ **Análise do consumo e custo de Energia elétrica do SAA Marabá Pioneira**

Nessa etapa foi determinado o consumo e o custo com energia elétrica utilizados nos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA, no período de janeiro a dezembro de 2010.

Na tabela 16 são mostradas as informações do consumo e custo com energia elétrica utilizado no sistema de abastecimento água para atender o Núcleo da Marabá Pioneira.

Tabela 16 – Informações do consumo e custo com energia elétrica no SAA no ano de 2010.

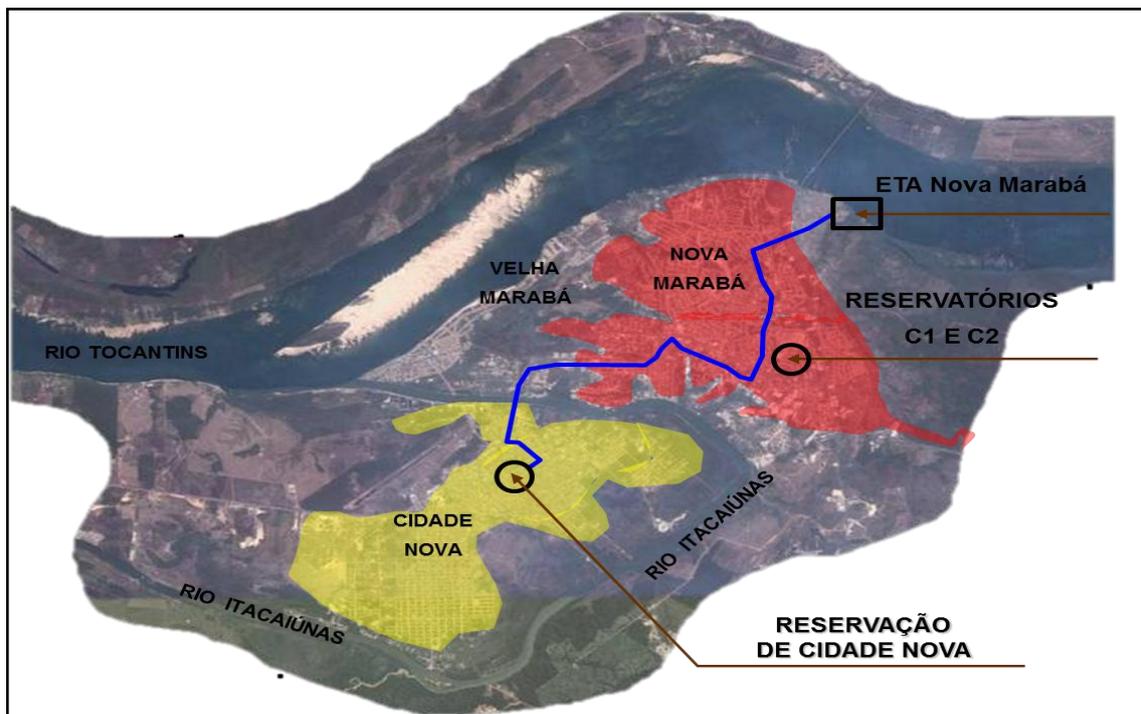
MESES	ENERGIA ELÉTRICA NÚCLEO MARABÁ PIONEIRA	
	CONSUMO (kWh)	CUSTO (R\$)
Janeiro	82.591	15.380,31
Fevereiro	71.788	14.816,48
Março	72.573	15.591,40
Abril	85.537	12.580,83
Mai	72.367	15.552,01
Junho	81.924	15.927,34
Julho	78.554	17.464,89
Agosto	73.368	15.626,79
Setembro	74.239	17.145,61
Outubro	79.381	17.732,86
Novembro	75.660	17.214,90
Dezembro	81.420	17.404,63
TOTAL GERAL	929.402	192.438,05

Fonte: COSANPA, 2010.

O consumo total de energia elétrica no período avaliado foi de 929.402 kWh, sendo verificado que os meses de maior e menor consumo foram abril e fevereiro, respectivamente. Com custo total de R\$ 192.438,05.

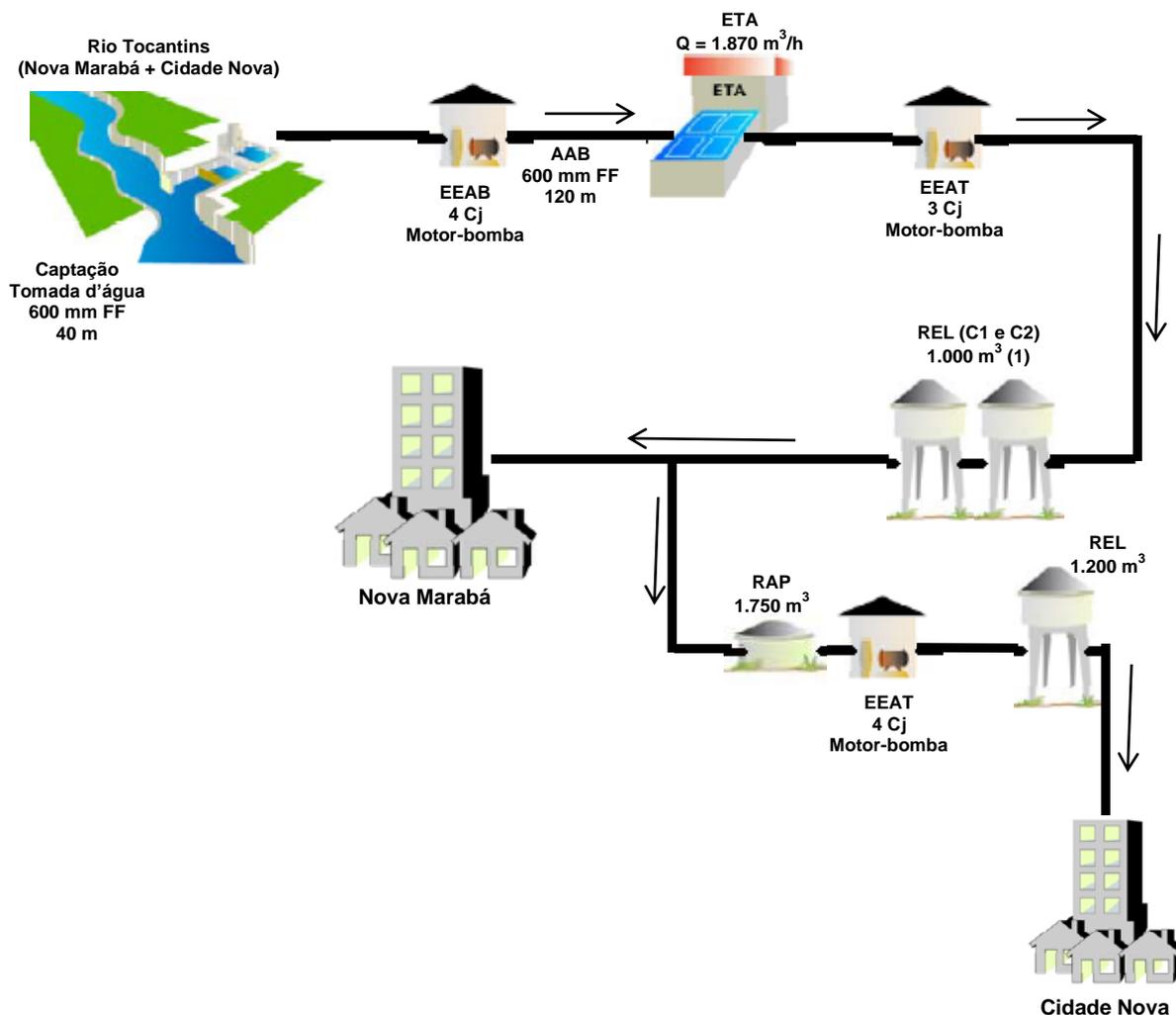
➤ SAA NOVA MARABÁ - CIDADE NOVA

A captação do Sistema da Nova Marabá – Cidade Nova está localizada na margem sul do rio Tocantins, 900 m a montante da ponte da rodovia PA-150. No mapa 5 é mostrado o SAA's que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova.



Mapa 5 – SAA's Marabá Nova Marabá e Cidade Nova
Fonte: Google Earht, 2011.

No esquema 3 é representado as etapas do sistema de abastecimento de água da Nova Marabá e Cidade Nova.



Esquema 3 – Sistema de abastecimento de água da Nova Marabá e Cidade Nova.

A estrutura de captação existente de Nova Marabá consiste numa tubulação de concreto, onde estão instalados quatro conjuntos motor-bomba de eixo vertical prolongado, e numa superestrutura que abriga os motores desses conjuntos motor-bomba e os respectivos quadros de comando.

A tomada d'água é feita através de duas tubulações de ferro fundido, DN 600, com 40 m de extensão e crivos nas suas extremidades de montante, assentados no fundo do rio Tocantins.

A Adutora de Água Bruta foi assentada com tubulações de ferro fundido, DN 600, numa extensão de 120 m, e conduz a água recalçada na captação até o reservatório que funciona como câmara de carga para os Filtros Russos.

No inverno, com o NA do rio mais alto, a captação recalca 1.870 m³/h. No verão, com o NA do rio próximo da cota do NA mínimo, a captação recalca aproximadamente 1.400 m³/h.

A ETA da Nova Marabá está localizada na mesma área da captação. O tratamento da água bruta é feito por oito Filtros Russos, seguidos por desinfecção. Além desses filtros, outras unidades que constituem a ETA são: um tanque desarenador, uma casa de química, um depósito de produtos químicos, um galpão de cloro, um reservatório elevado para água de lavagem dos filtros, uma câmara de nível constante que abastece os filtros e duas câmaras de contato.

A ETA opera num processo de filtração direta (Filtros Russos), e tem oito filtros com área superficial de 40 m² cada um. Com todos os filtros em operação (área total de 320 m²), e admitindo-se uma vazão de água bruta de 1870 m³/h, resultam taxas de filtração de até 140 m³/m²/dia.

No verão a água do rio apresenta baixa turbidez, resultando em corridas de filtração mais longas, e em menores perdas de água na ETA, em torno de 5%. Como o NA do rio fica bastante baixo e a capacidade das bombas da captação é reduzida, possivelmente devido à submergência insuficiente, a vazão produzida (de água tratada) cai para valores de até 370 l/s (1.330 m³/h).

No inverno, com o NA do rio em cotas mais elevadas, a capacidade das bombas da captação é maximizada, porém a água fica muito barrenta. Os filtros perdem eficiência, reduzindo as corridas de filtração e elevando as perdas de água na ETA para perto de 40% durante as lavagens dos filtros, e a vazão produzida cai para valores de até 310 l/s (1.120m³/h).

A Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT), situada na área da ETA, está equipada com três conjuntos motor-bomba, sendo um reserva dos outros dois. Esses conjuntos motor-bombas fazem o recalque de água tratada até os reservatórios elevados C1 e C2, situados na parte mais alta de Nova Marabá. Os conjuntos motor-bomba são da marca IMBIL, modelo 300400 A, com rotores de 420 mm. Os motores são de 1.750 r.p.m., com potência de 600 CV. Nas fotografias 1 e 2 são mostrados a EEAT e os conjuntos motor-bomba, respectivamente.



Fotografia 1 – Estação elevatória de água tratada



Fotografia 2 – Conjuntos motor-bomba

O reservatório apoiado (RAP) da Cidade Nova é abastecido a partir dos reservatórios C1 e C2, situados na parte leste da Nova Marabá, através de uma adutora que deriva da tubulação de saída desses reservatórios. Essa adutora, com extensão total de 7.740 m.

Nas proximidades do Centro de Reservação da Cidade Nova, a adutora vira na direção leste e acompanha arruamentos locais até chegar ao reservatório

apoiado (RAP), com capacidade de 1.750 m³. Junto ao RA foi construído um reservatório elevado (REL), com capacidade de 1.200 m³, e uma estação elevatória de água tratada, equipada com quatro conjuntos motor-bomba de 75 CV, para abastecer esse RE.

O abastecimento de água para Nova Marabá foi concebido, inicialmente, a partir dos reservatórios elevados C1 e C2, cada um com capacidade de 1.000 m³. Na fotografia 3 são mostrados os reservatório C1 e C2.



Fotografia 3 – Reservatório C1 e C2

No momento já se encontra construídas e em pré-operação na Estação de Tratamento de Água - ETA Nova Marabá, duas novas Unidades de Tratamento que são: Floculação e Decantação (fotografia 4). Sendo assim, o projeto desta ETA que era de Filtração Direta, agora passa a ser de Ciclo Completo ou Convencional. A unidade de Floculação e Decantação tem capacidade para tratar 2.000 m³/h.



Fotografia 4 – Unidades de decantação

Já está pronto também na ETA Nova Marabá, mas ainda não está em operação, nova unidade de desinfecção (tanque de contato) de 2.000 m³ de capacidade, para substituir a unidade antiga. Na fotografia 5 é mostrado o tanque de contato.



Fotografia 5 – Tanque de contato

Quanto à reservação de água para distribuição, na folha 29 já estão prontos um reservatório apoiado de 3.000 m³ de capacidade, Subestação Elétrica e

Elevatória de água Tratada. Na fotografia 6 é mostrado o reservatório apoiado da folha 29.



Fotografia 6 – Reservatório apoiado

✓ **Análise da produção de água do SAA Nova Marabá – Cidade Nova**

Com base nas planilhas de controle de água do sistema de abastecimento de água da COSANPA, em média foram produzidos pelo SAA para atender os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova 1.094.400 m³/mês de água, com valores máximo e mínimo de 1.190.400 m³/mês e 1.008.000 m³/mês, respectivamente, conforme apresentado no gráfico 5.

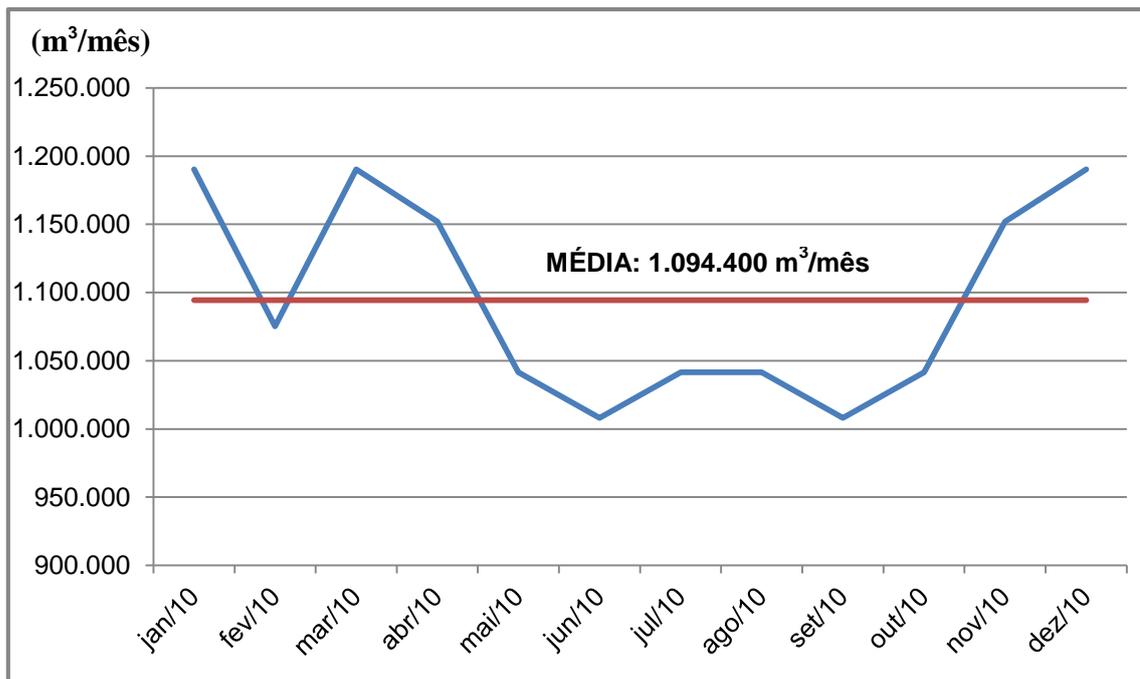


Gráfico 5 - Produção de água do SAA que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova.

Na tabela 17 são mostradas as informações da produção de água do sistema de abastecimento de água que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova, no período de janeiro a dezembro de 2010.

Tabela 17 – Informações da produção de água que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova no ano de 2010

Meses	m³/h	m³/mês
Janeiro	1.600	1.190.400
Fevereiro	1.600	1.075.200
Março	1.600	1.190.400
Abril	1.600	1.152.000
Maio	1.400	1.041.600
Junho	1.400	1.008.000
Julho	1.400	1.041.600
Agosto	1.400	1.041.600
Setembro	1.400	1.008.000
Outubro	1.400	1.041.600
Novembro	1.600	1.152.000
Dezembro	1.600	1.190.400
Média	1.500	1.094.400
Total (ANO)	18.000	13.132.800

Fonte: COSANPA, 2010.

A produção de água no sistema de abastecimento que atende os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova no período avaliado foi de 13.132.800 m³/ano, sendo verificado que os meses de maior e menor produção foram março e junho, respectivamente.

✓ **Análise do consumo e custo de Energia elétrica do SAA da Nova Marabá – Cidade Nova**

Nessa etapa foi determinado o consumo e o custo com energia elétrica utilizados nos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA, no período de janeiro a dezembro de 2010.

Na tabela 18 são mostradas as informações do consumo e custo com energia elétrica utilizada para atender os núcleos da Nova Marabá e Cidade Nova, no período de janeiro a dezembro de 2010.

Tabela 18 – Informações do consumo e custo com energia elétrica no ano de 2010.

MESES	ENERGIA ELÉTRICA NÚCLEOS N. MARABÁ E C. NOVA	
	CONSUMO (kWh)	CUSTO (R\$)
Janeiro	716.030	131.368,13
Fevereiro	656.739	129.809,61
Março	649.573	139.029,66
Abril	766.453	150.533,96
Maió	574.393	132.664,78
Junho	646.892	143.177,47
Julho	671.754	153.674,66
Agosto	612.612	144.121,38
Setembro	620.020	172.256,33
Outubro	653.479	182.672,72
Novembro	632.264	165.231,20
Dezembro	687.453	159.464,66
TOTAL GERAL	7.887.662	1.804.004,56

Fonte: COSANPA, 2010.

O consumo total de energia elétrica no período avaliado foi de 7.887.662 kWh, sendo verificado que os meses de maior e menor consumo foram abril e maio, respectivamente. Com custo total de R\$ 1.804.004,56.

Na tabela 19 é mostrado o resumo geral da análise operacional dos sistemas de abastecimento de água de Marabá/PA, referente à produção de água e energia elétrica.

Tabela 19 – Resumo geral da análise operacional dos SAA's de Marabá/PA.

Resumo geral da análise operacional dos SAA's		
	Marabá Pioneira	N. Marabá C. Nova
Ligações Ativas (lig.)	2.093	16.738
Produção de água (m ³ /ano)	2.628.000	13.132.800
Consumo EE (kWh)	929.402	7.887.662
Custo EE (R\$)	192.438,05	1.804.004,56

Os SAA apresentam total de 18.831 ligações ativas, com volume de produção de água de 15,8 milhões de m³/ano para atendimento das ligações, gerando consumo de energia elétrica (EE) da ordem de 8.817 MWh/ano, o que resultou em despesa de aproximadamente R\$ 2 milhões/ano.

5.2 Fase 2 – Determinação de Indicadores de Desempenho dos Sistema de Abastecimento de Água do Município de Marabá/PA.

Os dados do numero de ligações (lig), produção de água (m³), bem como, os valores em reais do consumo de energia elétrica (kWh) e o custo de energia (R\$) pago pela COSANPA no ano de 2010, foram relacionados conforme as etapas descritas, tendo os seguintes resultados:

Etapa 1 – Resultados da relação despesas de energia elétrica e número de ligação

A tabela 20 mostra a relação das despesas com energia elétrica e o número de ligação nos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA.

Tabela 20 – Relação do custo médio mensal com energia elétrica (R\$) pelo número de ligações (lig)

SAA's	EE R\$	Ligações ativas	(R\$/lig)
Marabá Pioneira	16.036,50	2.093	7,66
Nova Marabá – Cidade Nova	150.333,71	16.738	9,32

O SAA Nova Marabá - Cidade Nova possui a despesa média com energia elétrica por ligação ao mês, R\$ 9,32/lig; e o SAA Marabá Pioneira a despesa, R\$ 7,66/lig. Vale ressaltar que, a COSANPA cobra tarifa residencial de serviço de abastecimento de água no valor R\$ 1,40 por m³ para faixa de 0 a 10 (m³), ou seja, para cada 10m³ de água servida a companhia arrecada R\$ 14,00.

Etapa 2 – Resultados da relação custo e consumo de energia elétrica

A tabela 21 mostra a evolução do preço médio global do kWh consumido nos sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA.

Tabela 21 – Preço médio global do kWh consumido do SAA de Marabá/PA.

MESES	PREÇO MÉDIO GLOBAL DO kWh	
	N. Marabá - C. Nova	Marabá Pioneira
Janeiro	0,18	0,19
Fevereiro	0,20	0,21
Março	0,21	0,21
Abril	0,20	0,15
Maió	0,23	0,21
Junho	0,22	0,19
Julho	0,23	0,22
Agosto	0,24	0,21
Setembro	0,28	0,23
Outubro	0,28	0,22
Novembro	0,26	0,23
Dezembro	0,23	0,21
MÉDIA	0,23	0,21

Constata-se na tabela 21 que o preço médio global do kWh consumido nos núcleos Nova Marabá - Cidade Nova e Marabá Pioneira foram de R\$ 0,23/kWh e R\$ 0,21/kWh, respectivamente. Estando abaixo dos valores da média global consumido nos SAA das companhias de saneamento do Brasil que foi de R\$ 0,24/kWh em 2005 e R\$ 0,27/kWh em 2009.

Vale considerar que, o sistema de abastecimento de água que atende a Nova Marabá - Cidade Nova apresentou valores mensais bem acima do preço médio global do kWh consumido pela COSANPA que foi de R\$ 0,21/kWh em 2009. No gráfico 6, estão representados os preços médios do kWh consumido nos SAA de Marabá/PA, COSANPA e das companhias de saneamento do Brasil.

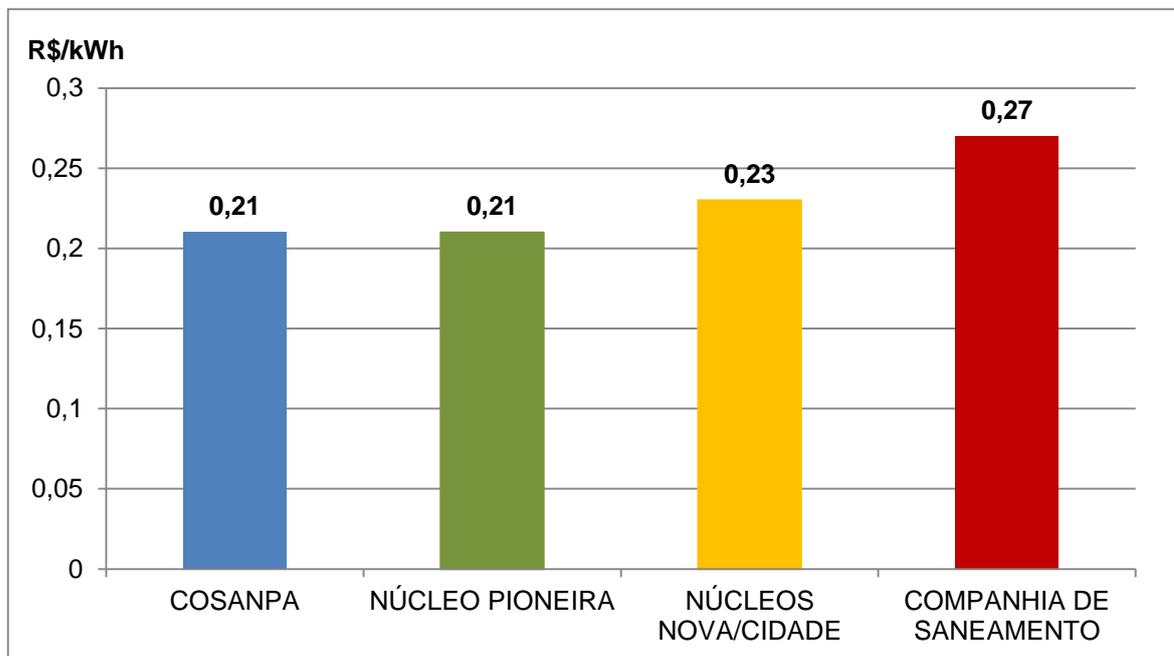


Gráfico 6 - Preços médios do kWh consumido nos SAA.

No SAA que atende a Nova Marabá - Cidade Nova é possível que esteja sendo cobrada uma demanda contratada não utilizada, ou seja, tarifa hora-sazonal, de demanda de ultrapassagem.

Etapa 3 – Resultados da relação do custo de energia elétrica e volume de água produzido

Em relação à despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA (R\$/m³), constata-se que, os valores se mantiveram na Marabá Pioneira, e SAA Nova Marabá - Cidade Nova os valores foram mudando a cada mês, ficando os meses de setembro e outubro com valor R\$ 0,17/m³, superior a média geral de R\$ 0,14/m³, como pode ser verificado na tabela 22.

Tabela 22 – Despesa com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA de Marabá/PA no ano de 2010.

MESES	DESPESA COM ENERGIA ELÉTRICA POR VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO NOS SAA (R\$/m ³)	
	N. Marabá e C. Nova	Marabá Pioneira
	Janeiro	0,11
Fevereiro	0,12	0,07
Março	0,12	0,08
Abril	0,13	0,06
Mai	0,13	0,07
Junho	0,14	0,07
Julho	0,15	0,08
Agosto	0,14	0,07
Setembro	0,17	0,08
Outubro	0,17	0,08
Novembro	0,14	0,08
Dezembro	0,14	0,08
MÉDIA GERAL	0,14	0,07

O SAA Nova Marabá - Cidade Nova possui a maior despesa média com energia elétrica por metro cúbico de água produzido, R\$ 0,14/m³; e o SAA Marabá Pioneira a menor despesa, R\$ 0,07m³. Os SAA da COSANPA e das companhias de saneamento básico tiveram despesas média de R\$ 0,21/m³ e R\$ 0,19/m³, respectivamente. No gráfico 7 estão representados os valores médios das despesas com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA.

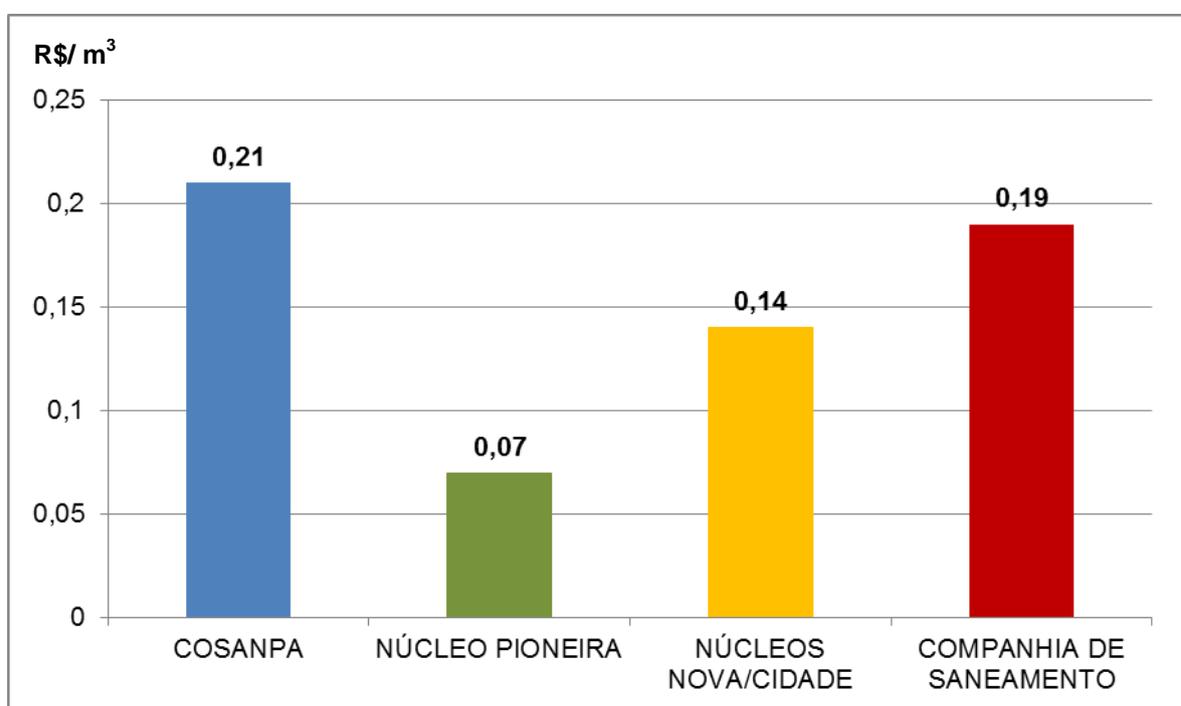


Gráfico 7 - Despesas com energia elétrica por volume de água produzido nos SAA.

O aumento das despesas com eletricidade por metro cúbico de água produzida nos SAA pode proceder do aumento das tarifas de energia elétrica praticadas pelas concessionárias de energia junto às companhias de saneamento básico.

Etapa 4 – Resultado da relação do consumo de energia elétrica e volume de água produzido

Nessa etapa foi definida a quantidade de energia consumida nos sistemas abastecimento de água relacionada ao processo de bombeamento, extração, transporte, tratamento e distribuição de águas.

O aumento do consumo de energia elétrica nos SAA de Marabá/PA é observado pela variação dos índices de intensidade energética (kWh/m³) dos SAA, pois o aumento da oferta de água produzida só ocorre no período do inverno. Na tabela 23 são mostrados os dados da intensidade energética nos SAA.

Tabela 23 – Intensidade Energética nos SAA de Marabá/PA no ano de 2010.

MESES	INTENSIDADE ENERGÉTICA NOS SAA (kWh/m ³)	
	N. Marabá e C. Nova	Marabá Pioneira
Janeiro	0,60	0,37
Fevereiro	0,61	0,36
Março	0,54	0,32
Abril	0,66	0,40
Maiο	0,54	0,32
Junho	0,64	0,38
Julho	0,64	0,35
Agosto	0,59	0,33
Setembro	0,61	0,34
Outubro	0,63	0,36
Novembro	0,55	0,34
Dezembro	0,58	0,36
MÉDIA GERAL	0,60	0,35

As intensidades energéticas no SAA Nova Marabá - Cidade Nova variaram consideravelmente entre os meses, sendo que a maior intensidade ocorreu no mês de abril, com índice de 0,66 kWh/m³ de água produzida e, a menor intensidade energética, em março e maio com 0,40 kWh/m³.

No SAA Marabá Pioneira, a maior intensidade ocorreu no mês de abril, com índice de 0,40 kWh/m³ de água produzida e, a menor intensidade energética, em março e maio com 0,32 kWh/m³.

A partir dos dados da tabela 23, pode-se afirmar que a intensidade energética média dos SAA do Município de Marabá (entre 0,60 kWh/m³ e 0,35 kWh/m³) é relativamente baixa, pois está localizada no limite inferior do intervalo de intensidade energética encontrada nos SAA da Califórnia (entre 0,22 kWh/m³ e 8,25 kWh/m³). Este fato procede da grande disponibilidade de água superficial próxima aos SAA e da boa qualidade da água a ser tratada.

Os SAA das companhias de saneamento básico e da COSANPA apresentaram Intensidade energética da ordem de 0,71 kWh/m³ e 1,02 kWh/m³, respectivamente. No gráfico 8, estão representados os valores intensidade energética nos SAA's.

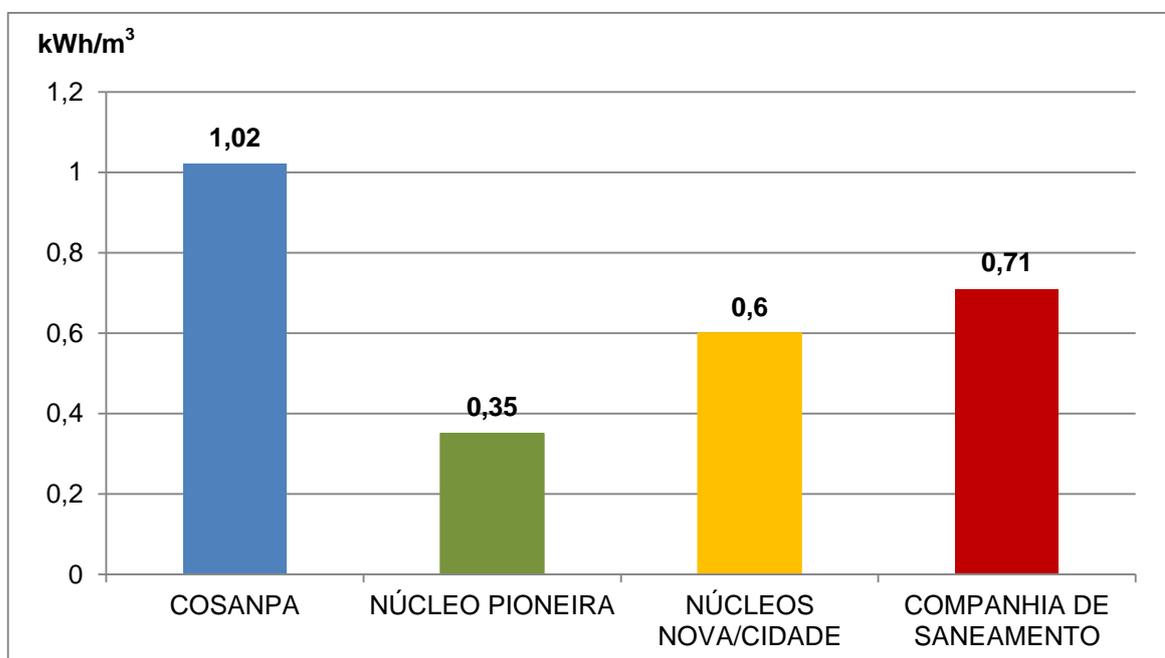


Gráfico 8 - Intensidade energética nos SAA's.

Para uma maior eficiência dos SAA, a companhia de saneamento do Pará deveria visualizar os consumos de água e energia como integrados, não de forma separada ou não relacionada, como habitualmente é feito. Cada litro de água que se move pelo sistema possui embutido um significativo consumo de energia elétrica. As perdas de água na forma de vazamento, furto, desperdício do consumidor e distribuição ineficiente, afetam diretamente a quantidade de energia elétrica necessária para fazer a água chegar ao consumidor, ou seja, o desperdício de água leva ao desperdício de energia.

Na tabela 24 é mostrado o resumo dos indicadores de desempenho por sistemas de abastecimento de água do município de Marabá/PA no ano de 2010.

Tabela 24 – Resumo dos indicadores de desempenho do SAA's.

Resumo dos indicadores de desempenho SAA's		
	Marabá Pioneira	N. Marabá C. Nova
Custo EE (R\$)/Consumo EE (kWh)	0,21	0,23
Custo EE (R\$)/Vol. produção (m ³)	0,07	0,14
Intensidade Energética (kWh/m ³)	0,35	0,60

O preço médio global do kWh consumido nos sistemas de abastecimento de água da Marabá Pioneira e Nova Marabá - Cidade Nova foram de R\$ 0,23/kWh e R\$ 0,21/kWh, respectivamente. O SAA Nova Marabá - Cidade Nova possui a maior despesa média com energia elétrica por metro cúbico de água produzido, R\$ 0,14/m³; e o SAA Marabá Pioneira a menor despesa, R\$ 0,07m³, pode-se afirmar que a intensidade energética média dos SAA do Município de Marabá é relativamente baixa, pois está localizada no limite inferior do intervalo de intensidade energética encontrada nos SAA da Califórnia (entre 0,22 kWh/m³ e 8,25 kWh/m³).

5.3 Fase 3 – Proposta hidroenergético para Sistema de Abastecimento de Água de Marabá/PA..

Os SAA's não estão setorizados, prejudicando, o consumo de energia, o faturamento e os indicadores de desempenho, pois o volume de água projetado para o abastecimento de determinado setor pode ser transportado para outro setor.

Vale ressaltar que a grande extensão das redes de distribuição de água com suas derivações e conexões necessita de uma setorização, ou seja, a sua divisão em setores, tem a finalidade de se ter um melhor gerenciamento do sistema de água. A setorização possibilitará também identificar com maior eficiência os pontos da rede sujeitos à maior incidência de vazamentos.

Em 2008 a COSANPA implantou o 74 (setenta e quatro) macromedidores distribuídos nos SAA's, com objetivo de realizar medições no sistema de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição. Como por exemplo: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a outros sistemas.

No final de 2009 os macromedidores foram inutilizados, devido à falta de manutenção, defeitos e substituição dos mesmos, ou seja, os sistemas de abastecimento de água ficaram sem os equipamentos de medição.

A macromedição é fundamental para a gestão dos sistemas de abastecimento de água, e ultrapassa o mero campo de controle e redução de perdas, pois subsidiam elementos importantes para diagnóstico operacional, dosagens de produtos químicos, indicadores qualitativos e quantitativos da companhia etc.

O núcleo da Nova Marabá tem 3.400 medidores instalados, os núcleos da Cidade Nova e Marabá Pioneira não tem hidrômetro instalado. Ressalto que o medidor de água é um instrumento totalizador de volume, instalado na ligação de um usuário do sistema de abastecimento de água.

A micromedição desempenha papel importante no combate às fraudes, pois se há fragilidade no sistema de medição, os potenciais fraudadores sentir-se-ão encorajados ao delito. Em termos preventivos, as fraudes podem ser coibidas

através da realização de campanhas de esclarecimento à população e utilização de lacres nos hidrômetros ou outros dispositivos que dificultem as ações fraudulentas.

Os sistemas de abastecimento de água de Marabá não são automatizados. Embora o investimento em equipamento seja maior, a comparação técnico-econômica entre a sua utilização ou não, normalmente leva a optar pelo seu emprego, pois diminuem os custos de pessoal, reduz o consumo de energia elétrica e de produtos químicos, melhora a eficiência dos processos e aumenta a segurança na operação do sistema.

Nos SAA's verifica-se que o segundo maior custo com a operação é o consumo de energia elétrica, sendo os sistemas de bombeamento os maiores responsáveis por este consumo. Logo, a maioria das intervenções realizadas com a tecnologia de automação tem o propósito de otimizar a operação destes sistemas.

Os SAA's dispõem em parte de instrumentos para controle operacional, não existe série história de dados de vazão, pressão e consumo de energia elétrica. Essa falta de controle e registro de dados operacionais acaba provocando perdas de água e energia elétrica, demonstrando, portanto, a necessidade de planejamento e implementação de rotina de controle operacional.

Recomenda-se a Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, as propostas para auxiliar na Gestão Hidroenergética do Sistema de Abastecimento de água de Marabá/PA:

- Um plano estratégico que requer mensuração, gestão e documentação para a melhoria contínua da eficiência energética;
- Uma equipe de gestores de vários departamentos internos da organização, liderados por um coordenador de energia, que responde diretamente para a administração central e é responsável por acompanhar a implementação do plano estratégico;
- Políticas e procedimentos para assegurar todos os aspectos da compra de energia, uso e disposição;
- Projetos para demonstrar uma melhoria contínua na eficiência energética;
- A elaboração de um manual de energia: um documento que evolui com o tempo à medida que projetos de conservação de energia e políticas são compreendidos e documentados;
- A identificação de indicadores de desempenho chaves, únicos da companhia, que são monitorados para medir os processos;

- Os valores de energia elétrica em kWh, R\$ e % sejam detalhados em todas as unidades do SAA, no caso captação, adução, tratamento, elevação, reservação e distribuição de água, para possibilitar o agrupamento de informação nas etapas de produção e de distribuição de água.
- Relatório periódico para a administração baseados nessas medidas.

6 CONCLUSÕES

A despesa com energia elétrica é o segundo maior item de custo dos SAA de Marabá, representando 32,2% da despesa financeira. Se comparado à despesa com energia elétrica por arrecadação, o percentual sobe para 49,5%.

O volume produzido de água (15,8 milhões m³/ano) nos sistemas de abastecimento de água de Marabá corresponde a 10,26% do total de água produzido pela COSANPA no estado do Pará.

Nos SAA foram consumidos 8.817 MWh/ano, correspondendo a 5,6% do consumo total (157.045 MWh/ano) de energia elétrica da companhia, o que resulta em despesa de aproximadamente R\$ 2 milhões/ano, representando 6,2% dos custos totais (R\$ 32,4 milhões/ano) da COSANPA.

A falta de instrumentos para monitoramento dificulta o controle e a operação das unidades dos sistemas de abastecimento de água. Assim, as decisões operacionais são realizadas empiricamente, de acordo com a experiência do operador.

O prestador dos serviços de saneamento deve realizar ações administrativas e operacionais. Entre as diversas ações estão macromedição, micromedição, setorização e automação.

A companhia gestora deve utilizar os indicadores de consumo específico de energia (expressos em kWh/m³), além dos indicadores do sistema da IWA referidos.

As atividades implementadas para economizar energia e água podem ter maior impacto se planejadas de forma conjunta, ou seja, todas devem buscar a integração da gestão de recursos hídricos e energéticos com vista a diminuir impactos ambientais, reduzir custos operacionais e incentivar o uso eficiente de recursos, de modo a prover universalização do atendimento à população.

A partir de processos bem definidos e integrados, com indicadores e metas de melhoria estabelecidas, a companhia de saneamento estará fortemente apoiada em um modelo de gestão que garantirá o seu sucesso na busca da excelência e que proporcionará resultados como a redução dos custos.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. Banco de informações sobre geração. Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/15.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. Informações técnicas. Tarifas - Consumidores finais. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=91&idPerfil=2>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. Informações técnicas. Sistema de Apoio à Decisão. 2009. Disponível em: <<http://rad.aneel.gov.br/reportserverSAD?%2fSAD>>. Acesso em: 20 jul.2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [ANEEL]. Resolução nº. 023 de 5 de fevereiro de 1999. Dispõe sobre a regulamentação da fixação da Reserva Global de Reversão (RGR). Brasília, 1999. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1999023.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

ALLIANCE. **Água e Energia: Aproveitando as oportunidades de Eficientização de água e energia não exploradas nos sistemas municipais.** Aliança para conservação de energia, 2002.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** diagnóstico dos serviços de água e esgoto – série histórica 2003 a 2007. Brasília: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2011. (CD-ROM);

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION [CEC] (2005). **Water-Energy Relationship Report.** CEC, Califórnia, 2005. Disponível em: <<http://www.energy.ca.gov/2005publications>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS [ELETROBRAS]. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Saneamento. PROCEL SANEAR.** 2009. Disponível em: <<http://www.eletronorte.com/elb/procel/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL [ELETRONORTE]. **Geração por estado.** 2009. Disponível em: <<http://www.eln.gov.br/opencms/>>. Acesso em 10 ago. 2011.

CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. **Planejamento Estratégico. Fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CONDURÚ, M.L., PEREIRA, J.A.R. Informações estratégica para a gestão hidroenergética de sistemas de abastecimento de água. In: GOMES, P. H. Et al.

Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2010. 366p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARA: **Relatório de Informações Gerenciais.** Assessoria de Planejamento e Gestão: Belém, 2010.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARA: **Relatório de Controle Operacional.** Diretoria de Operação: Belém, 2010.

DUARTE, A. O. de S. M. et al. **Desenvolvimento de um Sistema Supervisório Utilizando Protocolo ProFibus e OPC para Eficiência de Processo Industrial.** Anais da VII Conferencia Internacional de Aplicações Industriais – INDUSCON. Recife, 2006.

DUARTE P., ALEGRE H., COVAS D. I. C. **Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água.** In. VIII Seminário Ibero-americano SEREA 2008.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento.** 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408p;

GERBENS-LEENES, P.W.; HOEKSTRA, A.Y. **The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bioenergy in energy supply.** Ecological Economics 68 (2009).

GLEICK, P. H. **Water and energy.** Annual Review of Energy and the Environment, V. 19. p. 267–299, (1994).

Google Earth (2011) - *software de visualização de terrenos via-satélite*

HADDAD, J. **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos.** Itajubá: FUPAI, 2006.

HELLER, L; CASSEB, M.M.S. Abastecimento de água. In: BARROS, R. T. de V. Et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q. **Virtual water trade: a quantification of virtualwater flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series.** Holanda, 2002. Disponível em: <www.waterfootprint.org>. Acesso em: 01 ago. 2011.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION [ISO]. **TC 242 - Project Committee: Energy Management.** ISO, 2008. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees>. Acesso em: 02 ago. 2011.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J. N. P. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos. Meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis.** Campinas: Autores associados, 1997.

MAGALHÃES, P. C. O custo da água gratuita. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 36 n. 211. p. 45-49, dez. 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES [MCIDADES. SNSA]. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgoto - 2009.** Brasília, 2011. 616 p

MINISTÉRIO DAS CIDADES [MCIDADES]. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Projeto COM + ÁGUA.** Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/> Acesso: em 15 ago. 2011.

NEGRAO, F; LOBATO, J. **Estudo dos Sistemas Motrizes Industriais.** Monografia (Curso de Especialização em Qualidade e Eficiência Energética) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA-PROCEL. Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br/procel>>. Acesso em: 01 ago. 2011.

RAMOS, J. S., RAMOS, H. M. **Sustainable application of renewable sources in water pumping systems: Optimized energy system configuration.** Energy Policy 37 (2009).

RAMOS, M. **O Estado da Cobrança pelo Uso da Água no Brasil: o hoje e o amanhã in Seminário Perspectivas para a Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos no Brasil.** Rio de Janeiro, dez, 2008. Disponível em: <http://www.cnrhsrh.gov.br/sem_ctcob/docs/9_manha_Sema_Marilene_Ramos.pdf> Aceso em : 8 jul. 2011.

RIO CARRILLO, A. M., FREI, C. **Water: a key resource in energy production.** Energy Policy (2009).

RODRIGUES, Wlamiir. **Crítérios para o Uso Eficiente de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento de Água.** Tese de doutorado. Unicamp: Campinas, 2007. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Banco de dados. Aplicativo série histórica.** Brasil, 2007. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Banco de dados SNIS. Série histórica.** Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Visão geral da prestação de serviços de água e esgotos 2004**. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. 1ª. Ed. São Paulo: ABES, 2001.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION [UNESCO]. **The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World**. 2009. Disponível em: <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2011.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION [UNIDO] **Industrial Energy Efficiency and Climate Change: Energy Management Standards**. UNIDO, 2009. Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php>>. Acesso em: 6 ago. 2011.