



**CÓDIGO 9607 - POTENCIAL DE ECONOMIA POR MEIO DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, E OS
RECURSOS NECESSÁRIOS – UMA ANÁLISE A NÍVEL NACIONAL**

Bruno Eduardo dos Santos Silva⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFSC, com período sanduíche pela Universidade de Melbourne. Pesquisa e trabalha com os temas saneamento, eficiência energética em sistemas de abastecimento de água, biogás e resíduos sólidos urbanos na empresa Rotária do Brasil.

Carolina Bayer Gomes Cabral⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFSC. Engenheira da Rotária do Brasil. Doutoranda em Engenharia Sanitária pela Universidade Técnica de Berlin (TU Berlin).

Christoph Julius Platzer⁽³⁾

Engenheiro civil pela Universidade Técnica de Munique. Doutor em Engenharia Sanitária pela Universidade Técnica de Berlin. Sócio diretor da empresa Rotária do Brasil.

Rita Cavaleiro de Ferreira⁽⁴⁾

Engenheira do Ordenamento do Território pela Universidade Técnica de Lisboa (1998) de nacionalidade portuguesa e pós-graduada em Engenharia Sanitária pela Universidade Nova de Lisboa (2003), especialista em gestão de empresas de saneamento, pela Universidade Católica de Lisboa (2010) e pela Universidade Autônoma do México (2015). Coordenadora do ProEESA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Teodoro Manoel Dias, 421 – Santo Antônio de Lisboa - Florianópolis - SC - CEP: 88050-000 - Brasil - Tel: +55 (48) 3234-3164 - e-mail: bruno.silva@rotaria.net.

RESUMO

O consumo de energia pelas prestadoras de serviços de abastecimento de água (SAA) possui uma relação com a ineficiência energética destes sistemas. Assim, projetos que promovam a melhoria da eficiência nos SAA são imprescindíveis, inclusive para o atendimento às metas de universalização do saneamento e redução das emissões dos gases de efeito estufa. Este trabalho se propôs a determinar possíveis metas a serem atingidas até o ano de 2033, no que se refere à eficiência energética de equipamentos eletromecânicos nos SAA, assim como estimar os custos necessários para fazer frente a estes valores. O indicador IN058, do SNIS, foi escolhido como indicador para a definição de uma meta. A metodologia baseou-se na seleção de amostra adequada de municípios para cálculo do IN058, sendo categorizados em faixa de valores (IN058: >1,0; 0,6-1,0; e <0,6 kWh/m³) e tendo sido definida uma meta nacional de 26% de redução até 2033, quando comparado ao ano 2015. Para estimar os recursos financeiros necessários, foram analisados dados de municípios-modelo, posteriormente extrapolados para o Brasil. Estimou-se um valor de investimento de R\$ 0,21 por kWh economizado que, quando comparado ao custo médio atual de energia no país para o saneamento, pode proporcionar economia da ordem de R\$ 1,1 bilhões ao ano, correspondendo a uma economia de 51% nos gastos energéticos do setor.

PALAVRAS-CHAVE: Custos de Eficiência; Eficiência Energética; Bombeamento de Água.

INTRODUÇÃO

Estima-se que, somente no que se refere à operação dos sistemas de abastecimento de água, sejam gastos entre 2% a 3% de toda a energia elétrica consumida no mundo (ASE, 2002). No Brasil, estes valores também têm apresentado grande significância (Figura 1), chegando-se, em 2016, a 10,6 TWh direcionados apenas ao abastecimento de água no país (SNIS, 2018b). Esta quantidade equivale a um consumo de energia elétrica doméstica anual de cerca 18,5 milhões de habitantes.

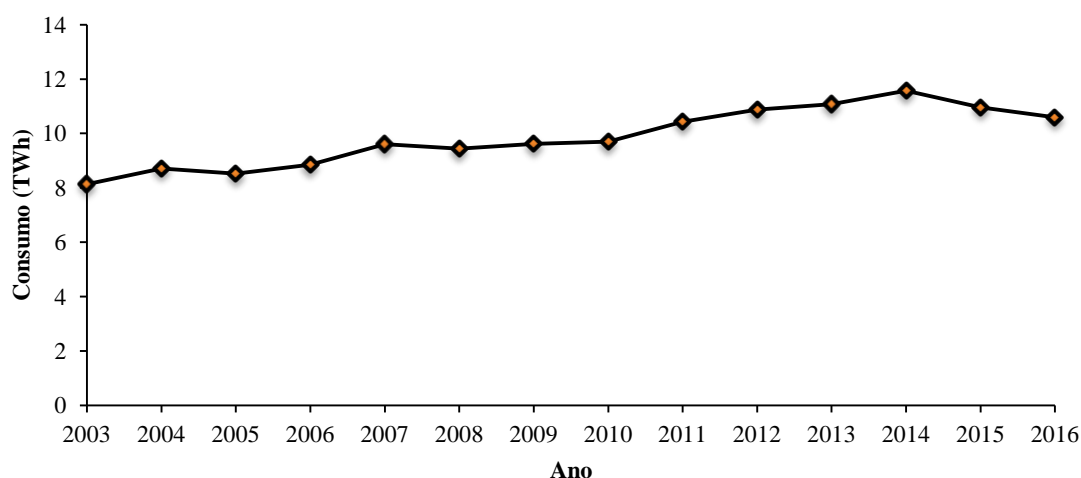


Figura 1- Evolução anual do consumo energético em Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil.
 (Fonte: elaborado pelos autores com base em SNIS, 2018a)

Dentro deste contexto, Tsutiya (2004) ressalta a relevância dos conjuntos motobombas, responsáveis por cerca de 90% do consumo energético observado nos SAA's. Estes conjuntos constituem um sistema de transformação energética complexo, com perdas distribuídas ao longo de suas componentes, as quais possuem expressivo papel nos gastos energéticos totais (Figura 2). A energia perdida é composta por perdas nos componentes inerentes ao motor, perdas na transferência de energia "motor-bomba", excesso de perda de carga hidráulica nas bombas e barriletes, dentre outros fatores (WATERGY, 2011).

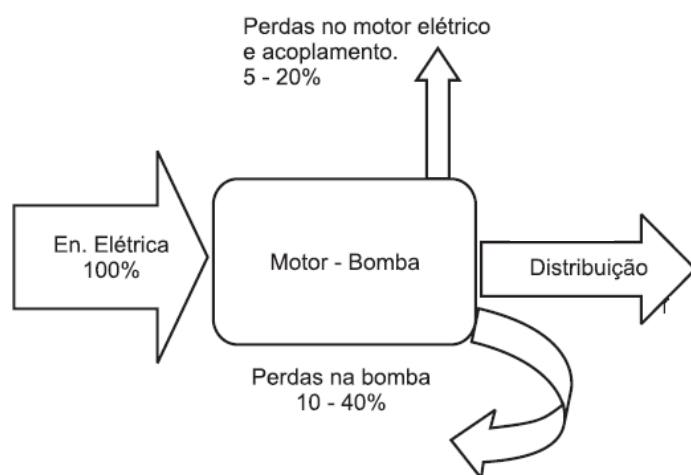


Figura 2 - Perdas típicas de energia em sistemas de bombeamento.
 (Fonte: ELETROBRAS/PROCEL, 2016)

Assim, a elaboração de diagnósticos de consumo de energia nas instalações de elevação de água existentes, com a identificação dos pontos de desperdício de energia e a proposição de alternativas técnicas para sua eliminação, é fundamental para se minimizar os desperdícios.

Com base nos aspectos típicos de transformação energética em conjuntos motobombas, podem ser vislumbradas diversas possibilidades de melhoria de eficiência eletromecânica (ELETROBRAS/PROCEL, 2016). Dentre elas, destacam-se aquelas ligadas às expressivas perdas em motores e bombas, a citar:

- **Melhoria do rendimento hidráulico de bombas:** a partir do dimensionamento e seleção adequada destes equipamentos, levando-se em consideração as vazões e pressões de operação para um ponto ótimo de funcionamento;
- **Melhoria do rendimento de motores:** utilizando-se equipamentos de índices de rendimento elevados, adequadamente selecionados e que acompanhem o uso de acionadores adequados: como, por exemplo, inversores de frequência para equipamentos que trabalhem com variação de carga ao longo do dia.

Estas técnicas de otimização do consumo energético surgem com grande importância no cenário atual, pois podem não somente reduzir os gastos de energia, como também as expensas financeiras relacionadas ao consumo. No ano de 2015, o custo médio da energia para prestadoras de serviços de saneamento no país, incluindo tributos, era de R\$ 0,43/kWh (ANEEL, 2018).

Nos sistemas de abastecimento, o consumo de energia pode chegar a representar uma contribuição de 30% a 40% do total de custos operacionais (WWAP, 2014). A maior parte destes custos está associada aos *boosters* e estações elevatórias, que chegam a consumir 60% deste aporte econômico (PRICE; OSTFELD, 2013; COELHO; CAMPOS, 2014). Neste sentido, uma melhoria da eficiência eletromecânica significa uma redução nos custos de operação dos SAA; e, quando dentro de uma faixa viável economicamente, pode apresentar retornos de investimento interessantes.

A fim de determinar esta viabilidade a nível nacional, este trabalho propõe o uso de indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em especial do Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058), no cálculo de metas e custos para otimização de eficiência energética em sistemas de bombeamento. Existem algumas limitações deste sistema no que concerne ao reporte e confiabilidade das informações, no entanto é a melhor ferramenta que agrupa a maior quantidade de dados a nível municipal para o país todo.

OBJETIVO

Determinar possíveis metas e custos para aperfeiçoar a eficiência energética de equipamentos eletromecânicos em sistemas de abastecimento de água, a nível nacional.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste estudo descreve as ações realizadas para se obter dois produtos referentes ao aperfeiçoamento da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água: metas de redução de ineficiências, no que se refere aos equipamentos eletromecânicos e suas constituintes; e custos para fazer frente às metas, considerando-se as premissas apresentadas ao longo deste documento.

Ao longo do trabalho, serão apresentados extrapolações realizadas a partir de quatro (4) amostras, para fins distintos, resumidos na Tabela 1.



Tabela 1 - Resumo de tratamentos estatísticos realizados

AMOSTRA (N)	VARIÁVEL-CHAVE	PRODUTO
227 casos	Economia (% kWh) observada em projetos de eficiência energética	Utilizado para a definição de categorias de IN058 e respectivas metas a serem atingidas até 2033.
250 casos	Custos (R\$) para implantação de medidas otimização de eficiência energética	Análise exploratória de medidas de eficiência energética, realizada para definir quais medidas poderiam ser utilizadas para atingir a meta.
381 conjuntos	Custo-base (R\$) de troca de conjunto motobomba	Levantamento de custos com fornecedores para determinar quanto custaria realizar as medidas definidas.
30 municípios	Descrição de todos os equipamentos utilizados em estações elevatórias	Municípios utilizados como modelos de categoria para definir o custo por energia economizada (CEE) a ser definido para todo o país.

O escopo deste trabalho inclui todos os municípios brasileiros que responderam à coleta de dados do SNIS no ano de 2015 (SNIS, 2018a). As metas são referentes ao ano de 2033, tendo o ano de 2015 como linha de base.

Dos indicadores disponíveis no SNIS, aquele que está mais associado à eficiência energética em sistemas de abastecimento de água é o chamado “Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água” (IN058, expresso em kWh/m³), que divide o consumo total de energia pelas prestadoras de serviços de saneamento sobre o volume total de água produzido e importado (Equação 1).

$$\text{IN058} = \frac{\text{Consumo total de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (AG028)}}{\text{Volume de Água Produzido (AG006)+ Importado (AG018)}} \quad \text{Equação 1}$$

Assim, uma vez que o maior consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento se concentra nos sistemas de bombeamento, escolheu-se o indicador IN058 como base para a determinação de metas de otimização de eficiência energética.

Como primeiro passo, realizou-se um diagnóstico do consumo médio atual de energia elétrica por volume de água nos SAA das prestadoras de serviço do país. Para o cálculo do IN058 nacional, algumas premissas foram adotadas com base em nota técnica dos diagnósticos SNIS de 2010 a 2015 (OLIVEIRA, 2017).

Inicialmente, com o objetivo de se obter um valor consistente e representativo para o IN058 médio nacional, excluíram-se municípios com dados equivocados de consumo e fornecimento de água. Portanto, foram desconsiderados os municípios com valor nulo no numerador da fórmula (produção de água (AG006) e importação (AG018) de água).

Adicionalmente, assim como proposto por Oliveira (2017), excluíram-se também da base de dados os municípios com consumo energético nulo (AG028), pois esta característica poderia indicar a ausência de sistema de abastecimento de água, do controle de dados referentes às faturas de energia, ou erros referentes ao fornecimento de informações ao SNIS. Por fim, também se excluíram os municípios que apresentavam valores extremos de IN058 (superiores a 5,45 kWh/m³), com base na verificação de alturas manométricas irrealistas, como dado por Oliveira (2017). Neste sentido, calculou-se o IN058 médio brasileiro para o ano de 2015, com a base de dados padronizada, a partir do somatório de dados de consumo energético e produção (ou importação) de água por parte das prestadoras de serviços de SAA (Equação 2).

$$\text{IN058}_{\text{médionacional}} = \frac{\sum(\text{AG028})}{\sum(\text{AG006}) + \sum(\text{AG018})} \quad \text{Equação 2}$$

Uma vez finalizado o diagnóstico da eficiência energética dos SAA's brasileiros, realizou-se uma análise exploratória de estudos¹ que apresentassem medidas de melhorias em sistemas de bombeamento e as respectivas economias (em kWh/ano) observadas. O objetivo desta análise era identificar padrões e relações entre as variáveis “medida” e “economia”. Os casos analisados apresentaram economias de 1% a 42% do consumo energético dos sistemas de bombeamento. A avaliação destes estudos também indicou que a maior (e mais viável) possibilidade de eficientização estaria relacionada à troca de conjuntos motobombas com utilização de inversores de frequência.

Ao analisar especificamente a distribuição de economias dos estudos de referência (1% a 42%), notou-se um padrão de correlação com o IN058. Com o objetivo de propor uma meta de redução deste indicador, foi realizada uma categorização dos municípios brasileiros de acordo com este padrão identificado (Figura 3).

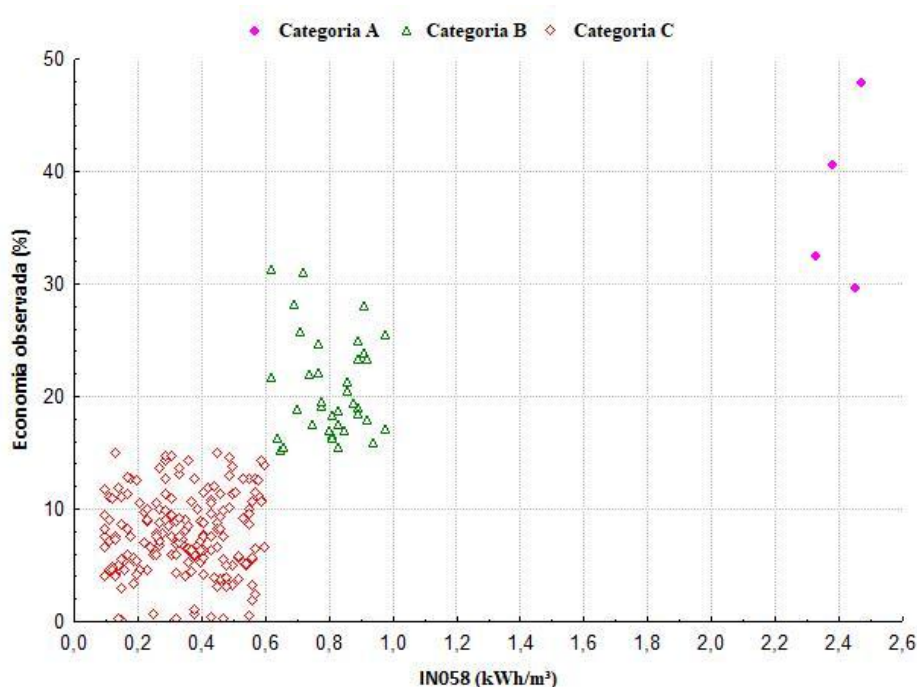


Figura 3 - Economia (% de kWh) observada em projetos de eficiência: amostras categorizadas (IN058)

Assim, os municípios foram classificados de acordo com as seguintes categorias, adotadas como base para todos os cálculos e determinações deste trabalho:

- **Categoria A:** Municípios com valores de IN058 maiores do que 1,0 kWh/m³;
- **Categoria B:** Municípios com valores de IN058 compreendidos entre 0,6 e 1,0 kWh/m³;

¹ (BECHUATE, 2017); (CUNHA, 2017); (ELETROBRAS/PROCEL, 2016); (EPE, 2006); (EPE, 2017); (IDB, 2011); (MÉXICO, 2010); (MONACHESI; MONTEIRO, 2005); (ORELLANA, 2005); (ROSS; CARNEIRO; POSSETTI, 2017); (SILVA, 2017); (SNSA, 2018); (WATERGY, 2011); (WEG, 2017); (WEG, 2018);

- **Categoria C:** Municípios com valores de IN058 abaixo de 0,6 kWh/m³.

As medidas apresentadas pelos estudos de referência incluíam: substituição de motores e bombas, de todo o conjunto motobomba, correção do fator de potência dos equipamentos, implantação de sistema de automação e controle, instalação de inversores de frequência, entre outras. Com base nos dados analisados, e aplicando-se as categorias de IN058 definidas, determinaram-se metas de redução do indicador. Estas metas foram estimadas com base na distribuição amostral observada das economias por categoria. Assim, definiu-se:

- **Possível redução de 40%:** para a categoria de IN058 maior do que 1,0 kWh/m³;
- **Possível redução de 25%:** para a categoria de IN058 entre 0,6 e 1,0 kWh/m³;
- **Possível redução de 10%:** para a categoria de IN058 abaixo de 0,6 kWh/m³.

A partir das definições realizadas, aplicou-se este padrão de categorias e metas para todos os municípios brasileiros (Tabela 2).

Tabela 2 - Frequência (%) de municípios em cada categoria de IN058 pré-definida, para todo o Brasil

Categoria de IN058 (kWh/m ³)			
Frequência	<0,6	0,6<x<1,0	>1,0
% de contribuição em n° de municípios	26%	40%	34%
% de contribuição em consumo energético	17%	45%	39%

Calculando-se a energia economizada de cada município (com base nas metas), foi possível aplicar a Equação 2 novamente, e chegar a um valor de meta nacional de redução de 26% do IN058. Com a meta estabelecida, prosseguiu-se para a estimativa do segundo produto deste estudo: a determinação dos recursos financeiros necessários para atingi-la a nível nacional.

Para a determinação dos recursos financeiros, foi inicialmente realizada uma análise exploratória de um conjunto de casos reais apresentados em literatura e/ou fornecidos por prestadoras de serviços de saneamento. Foram analisados 250 casos² de aplicações de medidas de eficiência energética contendo medidas de eficientização, com respectivos custos, economia (kWh/ano) observada e alguns dados referentes à viabilidade econômica. Assim, sistematizaram-se estes casos com relação aos seus custos por porte de cada medida, ou seja, observando-se:

- Faixas típicas de ordem de custos para cada tipo de medida;

² (BRANDÃO, 2004); (BARRETO, 2008); (BECHUATE, 2017); (BRUSTOLINI, 2012); (CORSAN, 2012); (DUTRA; ALTAFINI, 2014); (ELETROBRAS/PROCEL, 2016); (FEILBOGEN, [20--]); (FIRMINO, 2006); (GOMES, 2010); (IDB, 2011); (MARODIN, 2005); (MARTINS; RUFINO, 2017); (MÉXICO, 2010); (MÉXICO, 2006); (MÉXICO, 2009); (MÉXICO, 2011); (MÉXICO, 2012); (MÉXICO, 2014); (MONACHESI; MONTEIRO, 2005); (MOYA, 2011); (OLIVEIRA; MARTINS, 2011); (OLIVEIRA; SILVA; CRUZ, 2017); (RODRIGUES; JUNIOR, 2002); (ROSS; CARNEIRO; POSSETTI, 2017); (SAMAE JARAGUÁ DO SUL, 2017); (SARBÚ; VALEA, 2015); (SILVA; SJOBOM JUNIOR; QUALHATO JUNIOR, 2017); (USAID, [20--]); (VALENTIM, 2008); (VOTRE, 2017); (WATERGY, 2011); (WEG, 2018).

- Constatando-se que, de fato, o *upgrade* do conjunto motobomba é a medida que melhor proporciona redução do consumo energético, tanto em termos quantitativos quanto em relação ao custo benefício ($R\$/kWh_{red}$), como já havia sido observado na categorização dos primeiros estudos de referência;
- Quais os tipos de medida eram de fato viáveis.

A partir das informações observadas, definiu-se então que, para atingir as metas propostas, seria considerada a seguinte medida de efficientização: troca de conjunto motobomba, com acionamento a partir de inversor de frequência.

A análise exploratória realizada também permitiu que se identificasse a situação atual (2015) dos sistemas de bombeamento brasileiros no que se referia à eficiência de bombas e motores. Sendo assim, para definição dos custos seriam consideradas medidas que aperfeiçoassem estes equipamentos com base em uma média de condições estruturais nacional.

Uma vez esclarecido o panorama nacional de medidas de efficientização eletromecânica, foram consultados fornecedores de equipamentos, como bombas e motores, e empresas de serviço, para verificar o custo estimado para realizar a troca de conjuntos motobomba de diferentes portes. Tomou-se como referência o *upgrade* de um conjunto típico nacional para um de rendimento premium bem dimensionado, aplicando-se fatores de ajuste que incluíssem serviços, materiais, impostos e outras eventuais expensas a serem consideradas pela prestadora de serviço (bomba dimensionada para o ponto ótimo, aquisição e instalação de inversor de frequência, eventual redimensionamento de rotor, reparos/troca de barrilete, cortes e reconexões de tubos e ações de automação). A Figura 4 apresenta a distribuição dos custos de efficientização para conjuntos motobombas de diversas potências, determinados com base à consulta de fornecedores.

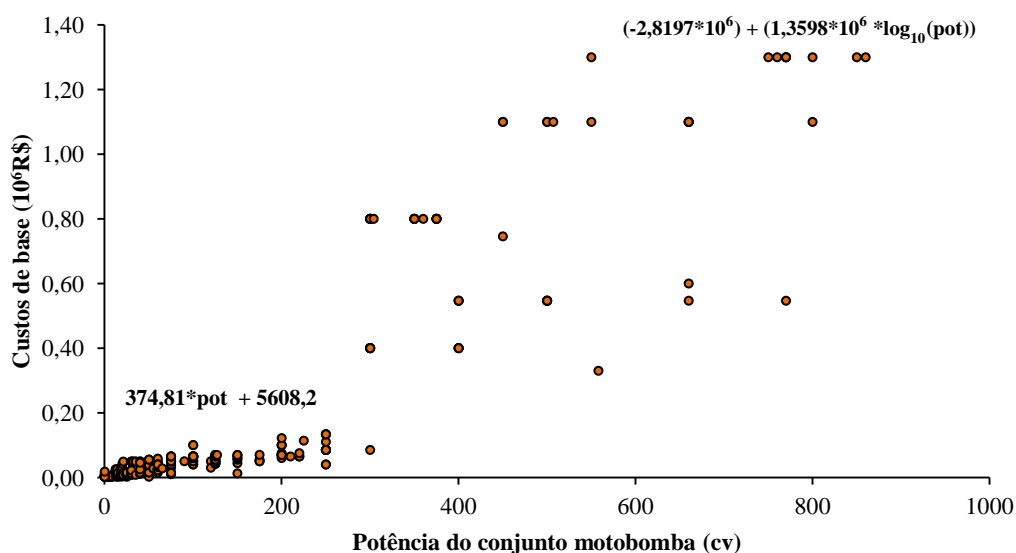


Figura 4 - Distribuição amostral dos custos para troca de motobomba.

Nota-se que os dados possuíam uma distribuição diferenciada para as potências inferiores a 300cv, quando comparadas àquelas superiores a 300cv. Assim, a Equação 3 e Equação 4 descrevem a tendência de comportamento

para estes dois conjuntos de dados. A curva descrita pela Equação 4 é bastante semelhante, em termos de tendência, à função de estimativa de custos apresentada por Covas et al. (p. 93, 2018).

$$\text{Custo de base (R\$) para pot <300cv} = 374,81 * \text{pot} + 5608,2 \quad \text{Equação 3}$$

$$\text{Custo de base (R\$) para pot >300cv} = (-2,8197 * 10^6) + (1,3598 * 10^6 * \log_{10}(\text{pot})) \quad \text{Equação 4}$$

O custo total (Equação 5) foi definido aplicando-se fatores de ajuste referentes ao projeto (A); a custos gerais (B), que incluíam custos pessoais e de obra, eventuais reparos ou troca de barrilete, cortes e conexões de tubos e implantação de sistema de automação básico; e aos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI: C), aplicado ao custo já considerando A e B. Sendo assim, ao total aplicou-se aos materiais e equipamentos um acréscimo de 62% referente a outros custos. Este valor se aproxima daqueles praticados por projetos de eficiência energética da ANEEL.

$$\text{Custo total (R\$)} = \text{Custo de base (R\$)} + (A+B) + C$$

$$\text{Custo total (R\$)} = \text{Custo de base (R\$)} + (5\%+15\%) + (35\%)$$

$$\text{Custo total (R\$)} = \text{Custo de base (R\$)} * (162\%) \quad \text{Equação 5}$$

Assim, em posse dos custos totais necessários para aprimoramento da eficiência de sistemas de bombeamento, com base na potência dos equipamentos, foi necessário estimar as potências médias para cada município brasileiro. Para a relação desta estimativa, foram coletados dados (características dos conjuntos motobombas, topografia e dimensão de sistema) dos sistemas de bombeamento de diversos municípios que serviriam de modelo de extrapolação para o país, que foram escolhidos respeitando-se as categorias de IN058 definidas previamente para a meta.

Para que a amostra (composta por 12 municípios de base + 17 auxiliares) a ser extrapolada fosse representativa, buscou-se um equilíbrio de municípios-modelo³ no que tangia à: topografia (relacionada diretamente à altura de elevação, e, portanto, ao consumo energético) e ao porte do sistema de abastecimento (tamanho da população abastecida). A partir dos custos totais observados para cada um destes municípios da amostra, calculou-se então o custo anualizado (CA) de aperfeiçoamento da eficiência energética (Equação 7), tendo como base um fator de recuperação de capital (FRC) calculado (Equação 6) para uma taxa de juros de 12% ao ano, e para uma vida útil de projeto de 10 anos. A definição deste fator seguiu referências bibliográficas (ANEEL, 2008; ELETROBRAS/PROCEL, 2016; MONACHESI; MONTEIRO, 2015) e consultas a fornecedores e prestadoras de saneamento (BECHUATE, 2017; FAMAC, 2018).

$$\text{FRC} = \frac{\text{juros} * (1 + \text{juros}_{aa})^{\text{vida útil}}}{(1 + \text{juros}_{aa})^{\text{vida útil}} - 1} \quad \text{Equação 6}$$

$$\text{Custo anualizado (R\$)} = \text{Custo total (R\$)} * \text{FRC} \quad \text{Equação 7}$$

³(BELÉM, 2014); (BELO HORIZONTE, 2016); (BRASÍLIA, 2017); (BRUSQUE, 2012); (CAMPO GRANDE, 2013); (CANOAS, 2014); (CONCÓRDIA, 2014); (CUBATÃO, 2017);(CUIABÁ, 2011); (CURITIBA, 2017a); (CURITIBA, 2017b); (CURITIBA, 2017c); (FLORIANÓPOLIS, 2010a); (FLORIANÓPOLIS, 2011); (FLORIANÓPOLIS, 2010b); (FLORIANÓPOLIS, 2010c);(FORTALEZA, 2014);(GUARATINGUETÁ, 2007); (JOINVILLE, 2010); (JOINVILLE, 2011); (LONDRINA, 2015); (MACEIÓ, 2017); (MANAUS, 2014); (MARINGÁ, 2011); (PORTO ALEGRE, 2015b); (PORTO ALEGRE, 2015a);(RECIFE, 2014); (RIBEIRÃO PRETO, 2015a); (RIBEIRÃO PRETO, 2015b); (SALVADOR, 2010); (SÃO GABRIEL, 2011). (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2012); (SÃO PAULO, 2008);(SNSA, 2018); (TAUÁ, 2014); (TRAMANDAÍ, 2013); (UBERLÂNDIA, 2012); (VILA VELHA, 2014).

Definiu-se, por fim, um custo por energia economizada (CEE) (Equação 8), a ser extrapolado para todos os municípios brasileiros. O valores de CEE encontrados, por categoria de meta, variaram de R\$0,17/kWh_{reduzido} a 0,49/kWh_{reduzido}.

$$\text{CEE (R\$/kWh}_{\text{reduzido}}) = \frac{\text{Custo anualizado (R\$)}}{\text{Consumo total de energia elétrica(AG028) * Meta de redução da categoria (\%)}} \quad \text{Equação 8}$$

Assim, aplicou-se a média de CEE para cada categoria de IN058 em todos os municípios brasileiros participantes do SNIS 2015, chegando-se a um custo médio nacional e, conseqüentemente, ao aporte financeiro total necessário para fazer frentes às metas de otimização da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água.

RESULTADOS

O valor de situação do IN058 encontrado para o Brasil, em 2015, foi de **0,66 kWh/m³**. A Tabela 3 apresenta as metas de redução do IN058 para cada categoria de município brasileiro. A meta média calculada, a nível nacional, é de **26%**.

Tabela 3 - Metas de redução do IN058 (kWh/m³) para municípios brasileiros

CATEGORIA DE IN058 (kWh/m ³)				BRASIL
	<0,6	0,6<x<1,0	>1,0	
METAS	10%	25%	40%	26%

Para fazer frente a estas metas, estimaram-se os custos por energia economizada (CEE) de cada categoria, que variaram de R\$0,17/kWh_{reduzido} a 0,49/kWh_{reduzido} (Figura 5). As médias por categoria estão dispostas na Tabela 4, assim como a média para o do CEE para o Brasil.

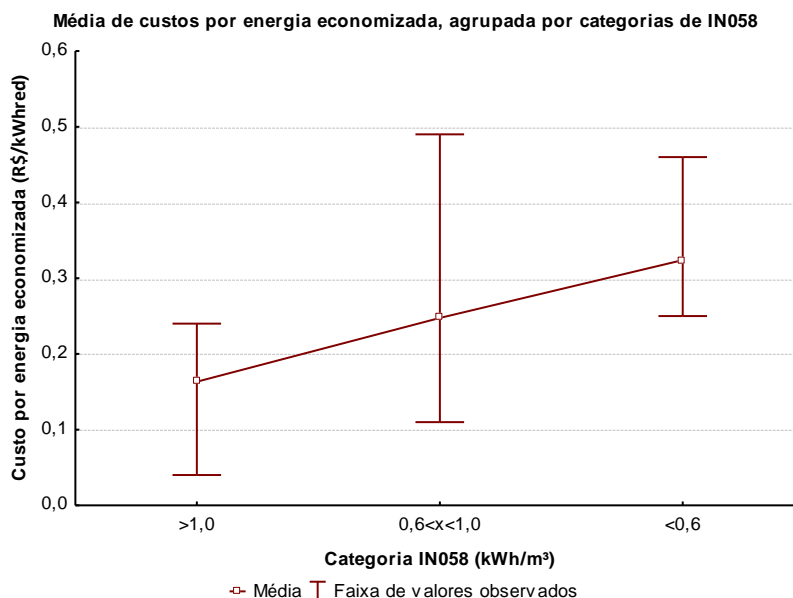


Figura 5 - Distribuição de custos por energia economizada, com relação à média.



Tabela 4 - Custo por energia economizado, para cada categoria de IN058 e para o Brasil

	CATEGORIA DE IN058 (kWh/m ³)			BRASIL
	<0,6	0,6<x<1,0	>1,0	
CEE MÉDIO (R\$/kWh_{red})	0,32	0,25	0,16	0,21

A partir da aplicação destes custos para o caso específico de cada município, chegou-se a um valor médio, para o Brasil, de **R\$ 0,21/kWh_{reduzido}**. Em termos de aporte financeiro, isto representa um valor de investimento da ordem de **R\$ 560 milhões ao ano** para fazer frente às possíveis metas do país para 2033. Estima-se que esta redução traria ao país uma economia da ordem de **R\$ 1,1 bilhões ao ano**, considerando-se o custo médio da energia no país de R\$ 0,43/kWh.

Como forma de verificação adicional da estimativa realizada, comparou-se o custo do kWh_{reduzido} estimado aos valores de todos os projetos de eficiência energética de motobombas (setor público) de 2008 a 2016 da ANEEL. Estes projetos apresentam um custo médio de R\$ 0,16/kWh_{reduzido}. Uma vez que a precificação com fornecedores para este estudo foi realizada no ano de 2018, o valor estimado (de R\$ 0,21/kWh_{reduzido}) poderia ser alcançado por correção monetária dos projetos da ANEEL, o que indica que os custos para esta metodologia se mostram bastante próximos de projetos reais já realizados.

FRAGILIDADES E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA METODOLOGIA ADOTADA

O estudo realizado considerou uma série de fragilidades oriundas de aspectos de disponibilidade e confiabilidade de dados brasileiros relacionados à eficiência energética no abastecimento de água. Assim, a metodologia adotada pautou-se em hipóteses e estimativas estatísticas norteadas por estudos-modelo, consultas a fornecedores e experiências empíricas. Apresenta-se então um levantamento destas fragilidades, assim como os métodos adotados para reduzir os erros.

A primeira fragilidade refere-se à ausência de um indicador, a nível nacional, que considerasse aspectos específicos de demanda energética topográfica de cada município; ou seja, levando em conta não somente o consumo energético por m³ de água, mas também o desnível geométrico a ser vencido. Assim, como forma de reduzir as distorções causadas por este fato, as amostras foram selecionadas considerando-se certa variabilidade referente à topografia, porte e localização dos municípios-modelo.

Ainda com relação à disponibilidade de dados apropriados, ressalta-se o pequeno número de municípios que possuíam um levantamento completo e confiável de seu sistema de bombeamento, utilizado como amostra para definição do custo por energia economizada (CEE) nacional (Figura 5). Assim, consideraram-se apenas os municípios que apresentassem dados recentes, consistentes e disponibilizados de forma oficial (Planos de Saneamento, Relatórios de Fiscalização, Diagnósticos do Sistema de Abastecimento, etc.) ou provenientes de contato direto com a prestadora de serviços.

Por fim, a distribuição de estudos de eficiência energética com relação ao indicador, assim como a categorização dos municípios, também gerou uma fragilidade explicitada pela Figura 3: a ausência de experiências relatadas com consumo energético específico (IN058) entre 1,0 e 2,2 kWh/m³. Deste modo, simulou-se o efeito desta fragilidade na meta e no custo nacional. Para tal, calculou-se o impacto da variação de 5 pontos percentuais na meta de cada categoria (para mais e para menos), além de uma simulação extra para “IN058>1,0: meta de 30%” (Tabela 5), que poderia suprir o espaço amostral ausente da Figura 3.



As metas por categoria são expressas em porcentagem e os valores previamente adotados foram de 40% para a faixa de $IN58 > 1,0$, 25% para a faixa de $0,6 < IN58 < 1,0$ e 10% para a faixa de $IN58 < 0,6$. As metas já com as variações propostas para esta análise se encontram listadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Esquemas de metas adotados para análise de sensibilidade do IN058

METAS PARA A CATEGORIA DE IN058 (% DE kWh/m ³)			
ESQUEMA DE METAS	<0,6	0,6<X<1,0	>1,0
I (adotado)	10%	25%	40%
II	10%	25%	45%
III	10%	25%	35%
IV	10%	30%	40%
V	10%	20%	40%
VI	15%	25%	40%
VII	05%	25%	40%
VIII	10%	25%	30%

A Tabela 6 apresenta os impactos causados pela adoção de cada esquema de metas proposto. Os erros de acordo com a estimativa empírica realizada variam, no que tange à meta nacional de redução do IN058, de 4% a 12%. Já em relação ao custo nacional, os erros variam de 4% a 14% em relação ao valor adotado.

Tabela 6 - Análise de sensibilidade (Variação de metas por categoria X Meta Nacional X Custo)

ESQUEMA DE METAS	META NACIONAL (%)	ERRO (%)	CUSTO NACIONAL (R\$/KWH _{REDUZIDO})	ERRO (%)
I (adotado)	26%		0,21	
II	28%	-8%	0,20	5%
III	25%	6%	0,23	-10%
IV	28%	-9%	0,19	10%
V	24%	6%	0,23	-9%
VI	28%	-6%	0,20	4%
VII	25%	4%	0,22	-5%
VIII	23%	12%	0,24	-14%

Desconsiderando-se o cenário VIII, adicionado para suprir a ausência de dados de IN058 entre 1,0 e 2,2, nota-se que o maior impacto com relação às metas e custos se deve à categoria B ($0,6 - 1,0 \text{ kWh/m}^3$), seguida pela categoria A ($>1,0 \text{ kWh/m}^3$) e depois pela categoria C ($<0,6 \text{ kWh/m}^3$). Este impacto acompanha a contribuição de cada categoria em relação ao consumo energético nacional, apresentado previamente na Tabela 2. Quando considerando o cenário VIII (de maior variação do que os demais: 10 pontos percentuais), os erros encontrados são de 12% e 14% para a meta e custo nacional, respectivamente.

CONCLUSÕES

A utilização de dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é desafiadora, uma vez que as informações estão relacionadas ao preenchimento por parte das prestadoras de

serviços de saneamento. Entretanto, este estudo realizou estimativas consistentes relacionadas a temas do saneamento, em especial à eficiência energética dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) do país.

Através dos diversos estudos observados, assim como da análise exploratória de dados coletados, chegou-se a uma meta de otimização da eficiência energética nos SAA para o país de 26% até o ano de 2033. Observou-se que as possibilidades de redução das ineficiências relativas à equipamentos eletromecânicos cresce de acordo com o indicador IN058 (kWh/m³) do SNIS, utilizado como base para este estudo.

Apesar de a eficiência energética em SAA ser um fator que depende de inúmeras características estruturais do sistema (topografia, perdas de água, etc), enxerga-se na troca de conjuntos motobomba (com automação, redimensionamento de bombas e uso de inversor de frequência) uma grande possibilidade de melhoria. Esta possibilidade foi confirmada com o presente estudo, que estimou um custo médio por energia economizada, para o Brasil, de R\$0,21. Este valor, quando comparado ao custo médio nacional da energia para prestadoras de serviços de saneamento (R\$ 0,43), a partir de um investimento anual de R\$560 milhões, pode proporcionar ao país uma economia da ordem de R\$ 1,1 bilhões ao ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASE (ALLIANCE TO SAVE ENERGY). **Água e energia: Aproveitando as oportunidades de efficientização de água e energia não exploradas nos sistemas e água municipais**. Washington: ALLIANCE, 2002.
2. ANEEL (Org.). **Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656831/14944470/Manual+de+Elaboracao+do+PEE+2008.pdf/0dbb7e3c-aa8a-43ef-ae4a-b0899f0077bb>>. Acesso em: 09 maio 2018.
3. ANEEL. **Relatórios SAS**. 2018. Disponível em: <http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampClasseCons.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1>. Acesso em: 11 maio 2018.
4. BARRETO, M. P. et al. **Aplicações de Inversores de Frequência em Sistemas de Abastecimento de Água**. [Rio de Janeiro]: Procel Sanear, [2008]. 11 p.
5. BECHUATE, G.. **Informações de Custos e Experiências em Perdas de Água e Eficiência Eletromecânica**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <carolina@rotaria.net>. em: 15 dez. 2017.
6. BELÉM. **Plano Municipal De Saneamento Básico De Abastecimento de Água E Esgotamento Sanitário De Belém – Pará**. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2014. 175 p.
7. BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2016. 358 p.
8. BRANDÃO J. M. Tecnologia de automação para centro de controle operacional como resultado de gestão de projeto integrado de controle e redução de perdas. In: **Seminário hispano-brasileiro sobre sistemas de abastecimento urbano de água João Pessoa**, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2004, João Pessoa. Anais... . João Pessoa: Lehns, 2004. p. 1 -13.
9. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.
10. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.
11. BRASÍLIA. **Plano Distrital De Saneamento Básico e de Gestão Integrada De Resíduos Sólidos**. Brasília: Governo de Brasília, 2017. 464 p.



12. BRUSTOLINI, E. J. L. **Estudo da eficiência energética da elevatória de água bruta do Ribeirão Bartolomeu - SAAE de Viçosa**. 2012. 69 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Engenharia Elétrica do Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
13. CAMPO GRANDE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande**. Campo Grande: Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2013. 172 p.
14. CANOAS. **Plano Municipal de Abastecimento de água e Esgotamento Sanitário de Canoas**. Canoas: Prefeitura Municipal de Canoas, 2014. 284 p.
15. COELHO, B.; ANDRADE-CAMPOS, A. Efficiency achievement in water supply systems -A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 59-84, 2014. ISSN 13640321 (ISSN).
16. CONCÓRDIA. **Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de água do município de Concórdia**. Florianópolis: ARIS (Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento), 2014. 89 p.
17. CORSAN (Companhia Riograndense De Saneamento Diretoria De Operações Superintendência De Apoio Operacional) (Porto Alegre). **Programa Corporativo De Desenvolvimento Operacional: ÁGUA**. Porto Alegre: CORSAN-Companhia Riograndense De Saneamento Diretoria De Operações Superintendência De Apoio Operacional, 2012. 58 p.
18. COVAS, D et al. **Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água**. Lisboa: Entidade Reguladora de Águas e Resíduos, 2018. 380 p. A elaboração deste guia técnico foi financiado pela ERSAR e pelo POSEUR..
19. CUBATÃO. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico**. Cubatão: Prefeitura Municipal de Cubatão, 2017. 240 p.
20. CUNHA, G. **Eficiência Média de Sistemas de bombeamento da SABESP**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <carolina@rotaria.net>. em: 13 dez. 2017.
21. CURITIBA. **Plano Municipal de Abastecimento de Água**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2017a.
22. CURITIBA. **Plano Municipal de Saneamento de Curitiba – Aspectos Gerais**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2013b. 140 p.
23. CURITIBA. **Plano Municipal de Saneamento de Curitiba – Infraestrutura de Abastecimento de Água**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2013c. 103 p.
24. DUTRA, R. F.; ALTAFINI, C. R. Melhorias em um Sistema de Bombeamento Municipal visando à Eficiência Energética – Estudo de Caso. **Scientia Cum Industria**. Caxias do Sul, p. 1-9. abr. 2014.
25. ELETROBRAS/PROCEL. **Diagnóstico Hidroenergético em Sistemas de Bombeamento**. Campo Grande, Itapira, Bayeux, Ananindeua, Araruama, Lages: Eletrobras/procel, [2016].
26. EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA) (Comp.). **Balanco Energético Nacional**. [Brasília]: Ministério de Minas e Energia – MME, 2017. 291 p.
27. EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, 2006. 48 slides, color.
28. FEILBOGEN, E.. **Sistema de bombeo de agua potable municipal en Mexico**: México D.f.: Giz-méxico, [20--]. 4 slides, color.
29. FIRMINO, M. B. M. et al. Método De Eficiência Energética No Bombeamento De Água, Via Programação Linear E Inteira. In: Seminário Iberoamericano Sobre Sistemas De Abastecimento Urbano De Água, 6., 2006, João Pessoa. **Anais...** . Campina Grande: Serea - Seminário Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, 2006. p. 1 - 11.
30. FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Diagnóstico do setor de abastecimento de água – Volume I**. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2010a. 159 p.
31. FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Diagnóstico do setor de abastecimento de água – Volume II**. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2010b. 292 p.
32. FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Diagnóstico do setor de abastecimento de água – Volume III**. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2010c. 45 p.
33. FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico – Versão Consolidada Final**. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2011. 300 p.



34. FORTALEZA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza**. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2014. 174 p.
35. GOMES, H. P. (Org.). **Sistemas de Saneamento: Eficiência Energética**. João Pessoa: Editora Universitária - UFPB, 2010. 366 p.
36. GUARATINGUETÁ. **Plano Integrado De Saneamento Básico Do Município De Guaratinguetá**. Guaratinguetá: Prefeitura Municipal de Guaratinguetá, 2007. 268 p.
37. IDB (Inter-American Development Bank). **Evaluation Of Water Pumping Systems: Energy Efficiency Assessment Manual**. Washington, D.C.: Water And Sanitation Initiative Sustainable Energy And Climate Change Initiative, 2011. 96 p.
38. JOINVILLE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville – Tomo III- Custos e Modelagem Financeira**. Joinville: Prefeitura de Joinville, 2011. 76 p.
39. JOINVILLE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville – Tomo III- Diagnóstico Setorial: Abastecimento de água**. Joinville: Prefeitura de Joinville, 2010. 175 p.
40. LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR**. Londrina: Prefeitura do município de Londrina, 2015. 270 p.
41. MACEIÓ. **Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Maceió/AL**. Maceió: Prefeitura de Maceió, 2017. 431 p.
42. MANAUS. **Assessoria à Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Manaus**. Manaus: Prefeitura de Manaus, 2014. 377 p.
43. MARINGÁ. **Levantamento e diagnóstico da situação atual do sistema de abastecimento de água - SAA**. Maringá, 2011. 308 p.
44. MARODIN, J. K.; SANTOS, L. C. ; TRAUTWEIN JUNIOR, B. Impactos da automação em sistemas de abastecimento de água: aspectos de gestão do conhecimento. In: 23º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** . Curitiba: Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Aesabesp - Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2005. p. 1 - 11.
45. MÉXICO. Comisión Nacional Del Agua. . **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Eficiencia Energética, Uso Eficiente y Ahorro de la Energía**. México, D.f: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, [2014]. 164 p.
46. MÉXICO. Comisión Nacional Del Agua. . **Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable**. [ciudad de Mexico]: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009. 175 p.
47. MÉXICO. Comisión Nacional Para El Uso De Eficiencia De La Energia. **Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México**. Ciudad de Mexico: Giz México, 2012. 398 p.
48. MÉXICO. Sistema Municipal De Agua Y Saneamiento De Monclova. **Implementación del proyecto de eficiencia física, hidráulica y energética del sistema de agua potable de Monclova,Coahuila**. Monclova: SIMAS, 2010. 31 slides, color.
49. MÉXICO. Sistema Municipal De Agua Y Saneamiento De Monclova. **Implementación del proyecto de eficiencia física, hidráulica y energética del sistema de agua potable de Monclova,Coahuila**. Monclova: SIMAS, 2010. 31 slides, color.
50. MÉXICO. Watery México. **Caso De Estudio De Eficiencia Energética: Implementación Del Proyecto De Eficiencia Hidráulica Y Energética Del Sistema De Agua Potable De Monclova Y Frontera, Coahuila, México**. Monclova y Frontera: Programa Watery En México de La Alliance To Save Energy- Usaid, 2006.
51. MÉXICO. Watery México. **Estudio Integral de Sistemas de Bombeo de Agua Potable Municipal**. México, D.f: Conuee/giz, 2011. 112 p.
52. MONACHESI, M. G.; MONTEIRO, M. A. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento: Manual Prático**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2005.
53. MOYA, R. R. **La eficiencia energética en empresas de agua y saneamiento en países de América Latina y El Caribe: Mejores prácticas y lecciones aprendidas**. [s.i.]: Banco Interamericano de Desarrollo, 2011. 105 p. Dirigida por: Banco Interamericano de Desarrollo.



54. OLIVEIRA, A. L. de. **Nota Técnica: Análise da eficiência energética dos municípios brasileiros - SNIS 2010 a 2015. Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água**, Giz Brasil, 2017. 12 p.
55. ORELLANA, A. et al. **Eficiência energética e redução de perdas de água no sistema de distribuição de água tratada**. In: 23º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, 23., 2005, Campo Grande. Anais... . São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2005. p. 1 - 9.
56. PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre: Volume I – Diagnóstico**. Porto Alegre: Prefeitura municipal de Porto Alegre, 2015. 234 p.
57. PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre: Volume II – Prognóstico, Objetivos e Metas**. Porto Alegre: Prefeitura municipal de Porto Alegre, 2015. 196 p.
58. PRICE, E.; OSTFELD, A. Iterative LP water system optimal operation including headloss, leakage, total head and source cost. **Journal Of Hydroinformatics**. Haifa, p. 1-21. out. 2013.
59. RECIFE. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Recife – Diagnóstico Integrado**. Recife: Prefeitura Municipal de Recife, 2014. 218 p.
60. RIBEIRÃO PRETO. **Plano Municipal de Saneamento Básico e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto: Caderno 1**. Ribeirão Preto: Prefeitura municipal de Ribeirão Preto, 2015a. 338 p.
61. RIBEIRÃO PRETO. **Plano Municipal de Saneamento Básico e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto: Caderno 2**. Ribeirão Preto: Prefeitura municipal de Ribeirão Preto, 2015b. 367 p.
62. RODRIGUES, W.; JÚNIOR, E. L. **Inversor de frequência em sistemas de bombeamento**. UNICAMP. Campinas, 2002.
63. ROSS, B. Z. L.; CARNEIRO, C.; POSSETTI, G. R. C. (Org.). **Eficiência energética no saneamento: Trabalhos contemplados no Prêmio Sanepar de Tecnologias Sustentáveis e no Prêmio Inova Sanepar – Edição 2016**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, 2017. 130 p.
64. SALVADOR. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Salvador: Prefeitura municipal do Salvador, 2010. 219 p.
65. SAMAE JARAGUÁ DO SUL. **Relatório: Substituição de motores e eficiência energética**. Jaraguá do Sul: Samae- Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Jaraguá do Sul, 2017. 10 p.
66. SÃO GABRIEL. **Diagnóstico da situação atual dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. São José dos Campos, 2011. 150 p.
67. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. São José dos Campos: Prefeitura municipal de São José dos Campos, 2012. 264 p.
68. SÃO PAULO. **Plano Municipal de Saneamento Básico de São Paulo**. São Paulo: Prefeitura municipal de São Paulo, 2008. 232 p.
69. SARBU, I.; VALEA, E. S.. Energy Savings Potential for Pumping Water in District Heating Stations. **MDPI**. Timisoara, p. 5706-5719. 8 maio 2015.
70. SILVA, A. A. R.; SJOBOM JUNIOR, A. A.; QUALHATO JUNIOR, O. **Eficiência energética em sistema de abastecimento de água utilizando métodos administrativos, operacionais e automação: Caso Itaguari - GO**. In: CONGRESSO ABES FENASAN, 2017, São Paulo.
71. SILVA, L.A. **Motores de Alto Desempenho**. Curitiba: WEG, 2017. 23 slides, color.
72. SNIS. **Série Histórica: Água e Esgotos**. 2018a. Dados referentes aos anos de 2003 a 2016. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica>>. Acesso em: 10 maio 2018.
73. SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (2016)**. 2018b. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 10 maio 2018.
74. SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental). **ProEESA (Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água)**. 2018. Informações relativas às Redes de Aprendizagem do referido projeto, desenvolvido entre os anos de 2016 e 2018. Refere-se à diversos dados de eficiência eletromecânica de municípios pertencentes aos estados de SC e SP.. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa>>. Acesso em: 17 abr. 2018.



75. SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental). **ProEESA (Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água)**. 2018. Informações relativas às Redes de Aprendizagem do referido projeto, desenvolvido entre os anos de 2016 e 2018. Refere-se à diversos dados de eficiência eletromecânica de municípios pertencentes aos estados de SC e SP.. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/proeesa>>. Acesso em: 17 abr. 2018.
76. TAUÁ. **Plano Municipal De Saneamento Básico: Abastecimento De Água E Esgoto**. Tauá: Prefeitura Municipal de Tauá, 2014. 292 p.
77. The United Nations World Water Assessment Programme (Org.). **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy**. Paris: United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization, 2014. 230 p.
78. TISUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da USP, 2004.
79. TRAMANDAÍ. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do município de Tramandaí: relatório do diagnóstico técnico- participativo**. Tramandaí: Prefeitura municipal de Tramandaí, 2013. 46 p.
80. UBERLÂNDIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Uberlândia: Prefeitura municipal de Uberlândia, 2012. 215 p.
81. USAID - Alianza para el Ahorro de Energía. **Metodología para un programa integral de ahorro de energía y agua, bajo el concepto watergy**. [ciudad de Mexico]: Alianza Para El Ahorro de Energía – Usaid, [20--]. 94 p.
82. VALENTIM, C.E. **Otimização do desempenho de rotores de bombas hidráulicas de fluxo a partir de critérios clássicos de projeto - Verificações experimentais**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
83. VILA VELHA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Vila Velha: Prefeitura municipal de Vila Velha, 2014. 203 p.
84. VOTRE, R. Automação no controle de perdas, impactos ambientais e eficiência energética em sistemas de abastecimento de água (estudo de caso). In: CONGRESSO ABES/FENASAN 2017, 29., 2017, São Paulo. **Anais...** . Curitiba: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2017. p. 1 - 10.
85. WATERGY. **Proyecto ejecutivo de eficiencia física, hidráulica y para el organismo operador de atlixco 2da. E contrato no. Atl-pue-prodder-2011-02**: Atlixco: Soapama, 2011. 76 slides, color.
86. WATERGY. **Proyecto ejecutivo de eficiencia física, hidráulica y para el organismo operador de atlixco 2da. E contrato no. Atl-pue-prodder-2011-02**: Atlixco: Soapama, 2011. 76 slides, color.
87. WEG. **Gestão eficiente da energia elétrica**. [Jaraguá do Sul]: Weg, 2017. 23 p.
88. WEG. **Instalação e Manutenção: Motores Elétricos WEG**. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/Operador10/apostila-instalao-e-manuteno-de-motores-eltricos-wegexcelente>>. Acesso em: 26 fev. 2018a.
89. WEG. **Seleção de Motores WEG: Seção Dimensionamento e Retorno de Investimento**. 2018. Disponível em: <http://catalogo.weg.com.br/default.asp?cd_mercado=000B&cd_idioma=PT>. Acesso em: 22 fev. 2018b.
90. WWAP (World Water Assessment Programme). **World Water Development Report 2014, Water and Energy**. 2014. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2014-water-and-energy/>>. Acesso em: 10 maio 2018.