



Projeção do consumo energético no tratamento de esgotos sanitários (2010-2030)

Diego Altieri da Silveira ¹, Alexandre Beluco ², Dieter Wartchow ³

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS (dialtieri@yahoo.com.br)

² Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS (albeluco@iph.ufrgs.br)

³ Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS (dieterw@iph.ufrgs.br)

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo estimar o consumo de energia elétrica no tratamento de esgotos sanitários, de forma a avaliar o impacto dessa atividade no consumo energético nacional e propor formas de redução e efficientização. Para isso, considerou-se o crescimento da população, a fim de identificar o consumo de água e a geração de esgotos. Também se estimou o crescimento no índice de atendimento dos serviços de saneamento básico, identificando um cenário futuro, de forma a calcular o consumo energético no tratamento de esgotos sanitários. Observou-se que o índice de crescimento econômico é fator crucial ao avaliar o impacto do consumo energético do tratamento de esgotos na matriz energética nacional. Para reduzir este impacto, propôs-se o uso de fontes de energia renovável e o aumento da eficiência energética das estações de tratamento de esgotos.

Palavras-chave: Consumo Energético. Tratamento de Esgotos. Eficiência Energética.

Área Temática: Energia



1 Introdução

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e pode ser utilizado para avaliar o nível de qualidade de vida da população. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto à capacidade da população para adquirir bens e serviços, como automóveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos.

Esta expansão do consumo de energia, embora possa refletir o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, tem aspectos negativos, como a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia e o impacto ao meio ambiente produzido por essa atividade. Também devem ser considerados os elevados investimentos exigidos na pesquisa de novas fontes e construção de novas usinas, com o objetivo de suprir esse crescimento.

Considerando que a demanda usualmente acompanha o crescimento do PIB (SILVEIRA, 2001), pode-se observar que o desenvolvimento da industrialização e o crescente crescimento populacional estão exigindo constantes investimentos no setor energético mundial. Entretanto, se a capacidade geradora e o aumento da oferta de eletricidade não acompanharem o crescimento da demanda, e se houver uma possível inércia no setor energético, poderá se chegar ao ponto onde a energia produzida não será suficiente para manter taxas de crescimento econômico e desenvolvimento, tendo como consequência o aumento no preço da energia elétrica e a possibilidade de blecautes.

O aumento do custo da energia no Brasil pode afetar consideravelmente o setor de saneamento básico, que segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, chega a 2,7% da energia produzida no país, pois tanto os investimentos quanto os custos operacionais serão maiores. A operação de um sistema de saneamento básico depende da energia elétrica para realizar o trabalho de transferência de volumes de água ou esgoto entre as fases dos processos de captação ou coleta, tratamento, distribuição e disposição final.

O consumo energético no setor de saneamento ambiental, e especificamente em estações de tratamento de esgotos (ETE), tende a apresentar um crescimento nos próximos anos, devido ao crescimento populacional e aos requerimentos ambientais, que serão cada vez mais rígidos.

Assim, esta pesquisa tem como objetivo inicial estimar o consumo de energia elétrica no tratamento de esgotos sanitários, de forma a avaliar o impacto dessa atividade no consumo energético nacional. Em um segundo momento, pretende-se elaborar estratégias que resultem na redução do consumo de energia no tratamento de esgotos sanitários.

2 Metodologia

Na projeção do consumo energético para o tratamento de esgoto sanitário no Brasil, em primeiro lugar deve-se definir um período de análise. Dessa forma, propôs-se projetar o consumo para os anos 2010 (situação atual), 2020 e 2030. Escolheram-se esses anos com o objetivo de comparar o consumo de energia elétrica no tratamento de esgotos gerados no Brasil com o consumo energético estimado no Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (BRASIL, 2007). Também se calculou o consumo energético do tratamento de esgoto nos anos de 2000, ano do Censo Demográfico (IBGE, 2000) e da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), e 2007, ano do último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (PMSS, 2009) e da Contagem da População (IBGE, 2007).

Para se obter o cenário de geração e tratamento de esgotos sanitários nos anos 2010, 2020 e 2030, e conjuntamente projetar o consumo energético do tratamento, foram empregadas as seguintes etapas: estimativa da população do país nos anos analisados, estimativa da população com abastecimento de água, cálculo da vazão de água consumida,



cálculo da vazão de esgoto gerado, cálculo da vazão de esgoto coletado, cálculo da vazão de esgoto tratado, definição das formas de tratamento do esgoto, definição do consumo energético nos tratamentos de esgoto e cálculo do consumo de energia total no tratamento de esgoto. Premissas e parâmetros utilizados, e a forma de cálculo de cada uma destas etapas estão descritas a seguir.

Além dos cenários de 2010, 2020 e 2030, também se propôs um cenário considerando que o abastecimento de água e a coleta de esgoto alcançam 100% dos domicílios, e que o índice de tratamento de esgotos seja 80% em 2030, sendo este denominado cenário 2030-2.

Projeção populacional. Para o ano de 2000, utilizou-se o dado do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2000), no ano de 2007, utilizou-se o dado da Contagem da População (IBGE, 2007), e para os anos de 2010, 2020 e 2030, utilizaram-se os dados da Projeção da População do Brasil por sexo e idade 1980-2050 (IBGE, 2008).

População com abastecimento de água. O percentual da população atendida por abastecimento de água em 2000 e 2007 foram de 77,8% e 80,9%, respectivamente. Os índices de atendimento para 2010, 2020 e 2030 foram calculados considerando o crescimento anual de 0,44% a partir de 2007. Todos os dados utilizados nessa etapa foram obtidos no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2007 (PMSS, 2009).

Vazão de água consumida. Foi obtida da multiplicação da população com abastecimento de água pelo consumo médio *per capita* de água. Para todos os anos analisados, utilizou-se 149,6 L/hab.d, consumo médio do Brasil em 2007 (PMSS, 2009).

Vazão de esgoto gerado. Calculada multiplicando-se a vazão de água consumida pelo coeficiente de retorno de 0,8 (ABNT, 1986).

Vazão de esgoto coletado e tratado. Nos anos de 2000 e 2007, utilizou-se o índice de coleta de 37,1% e 42,0% e tratamento de 30,4% e 32,5%, respectivamente (PMSS, 2009). No ano de 2010, considerou-se a taxa de crescimento anual de 0,70% ao ano para coleta e 0,30% ao ano para tratamento, a partir de 2007 (PMSS, 2009). Para 2020, considerou-se o Compromisso pelo Meio, Ambiente Saúde e Saneamento Básico do Governo Federal, que prevê aumento de 45% o total da população atendida com coleta de esgoto e 80% no volume dos esgotos tratados no Brasil até 2020 (BRASIL, 2009). Em 2030, supôs-se o mesmo crescimento proposto para 2020, 45% na coleta e 80% no tratamento de esgotos.

Definição das formas de tratamento do esgoto. Para que se tenha uma projeção de consumo energético factível, são necessárias algumas considerações sobre a forma como o esgoto coletado é tratado. Assim, utilizou-se como base a proposta feita no relatório Dimensionamento das Necessidades de Investimentos para a Universalização dos Serviços de Abastecimento de Água e de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários no Brasil (PMSS, 2003), que utiliza as seguintes considerações:

- População até 40.000 habitantes: tratamento dos esgotos por reator anaeróbio seguido de lagoa de estabilização;
- População entre 40.000 e 400.000 habitantes: em alguns casos é possível a utilização de reator anaeróbio com lagoa de estabilização e em outros é necessário uso de lodos ativados;
- População acima de 400.000 habitantes: tratamento dos esgotos por lodos ativados.

Para definir a população atendida por cada tipo de tratamento, fez-se uma análise dos dados da Contagem da População de 2007, onde se obteve a seguinte proporção: (a) população até 40.000 habitantes, 31,14% da população total (*P*); (b) população entre 40.000 e 400.000 habitantes, 36,68% da população total (*M*); (c) população acima de 400.000 habitantes, 32,18% da população total (*G*). Esta proporção foi considerada constante em todos os anos analisados.

Consumo de energia nos tratamentos de esgoto. O consumo energético dos sistemas de tratamento de esgoto propostos anteriormente foram obtidos de Burton (1996). Para ETEs



com sistema de lodos ativados convencional, estima-se consumo energético de 0,349 kWh/m³ de esgoto tratado (C_G). O mesmo autor recomenda que, para processos com nível de tratamento inferior ao secundário, seja considerado 50 % do consumo energético do sistema de lodos ativados, ou seja, 0,175 kWh/m³ de esgoto tratado (C_P). Esse foi o considerado o consumo para o tratamento dos esgotos por reator anaeróbio seguido de lagoa de estabilização. Para o tratamento de esgoto gerado pela população entre 40.000 e 400.000 habitantes, utilizou-se a média dos consumos propostos acima, 0,262 kWh/m³ de esgoto tratado (C_M).

Consumo energético total no tratamento de esgoto. Calculado utilizando a seguinte equação:

$$C_{total} = V \cdot P \cdot C_P + V \cdot M \cdot C_M + V \cdot G \cdot C_G \text{ onde,}$$

C_{total} – consumo de energia total (kWh/ano);

V – volume de esgoto tratado (m³/ano);

P – proporção da população até 40.000 habitantes (%);

M – proporção da população entre 40.000 e 400.000 habitantes (%);

G – proporção da população acima de 400.000 habitantes (%);

C_P – consumo de energia processos com nível de tratamento inferior ao secundário (kWh/m³);

C_M – média do consumo de energia C_P e C_G (kWh/m³);

C_G – consumo de energia em sistema de lodos ativados convencional (kWh/m³).

3 Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os índices em saneamento básico para o Brasil nos anos de 2000 e 2007, e também mostra a projeção destes índices para os anos de 2010, 2020 e 2030.

Tabela 1 – Índices de atendimento em saneamento básico no Brasil em 2000, 2007 e projeções

Ano	Índice de abastecimento de água	Índice de coleta de esgoto	Índice de esgoto coletado tratado	Índice de esgoto gerado tratado
2000	77,8%	37,1%	30,4%	11,3%
2007	80,9%	42,0%	32,5%	13,7%
2010	82,2%	44,1%	33,4%	14,7%
2020	86,6%	56,8%	41,5%	23,5%
2030	91,0%	75,0%	51,5%	38,6%
2030-2	100,0%	100,0%	80,0%	80,0%

Em torno de 80% do volume de água de abastecimento utilizada acaba sendo convertida em esgoto. O índice de coleta de esgoto indica o percentual destes esgotos gerado que é coletado em sistemas de coleta de esgoto. O índice de esgoto coletado tratado indica o percentual do esgoto coletado no sistema de coleta de esgoto que é encaminhado para estações de tratamento de esgotos. O índice de esgoto gerado tratado representa o percentual de todo esgoto gerado que recebe tratamento. Observa-se que, apesar da estimativa de aumento de 224% no volume de esgoto tratado até 2030, passando de 2,8 milhões de m³/d para 9,1 milhões de m³/d, isto representa menos de 40% de todo o esgoto gerado. Isto indica que serão necessários muitos investimentos no setor de saneamento para que o Brasil atinja índices de tratamento dos países desenvolvidos.

Considerando que se mantenham as taxas de crescimento propostas nesta pesquisa, 0,44% ao ano no abastecimento de água (PMSS, 2009), 3,8% ao ano na coleta de esgoto e 6,0% ao ano no tratamento de esgoto (BRASIL, 2009), o Brasil chegará a 100% de abastecimento de água no ano 2051, a 100% de coleta de esgoto, ou seja, todo esgoto gerado pela população abastecida terá sistema de coleta à disposição e seus esgotos coletados no ano 2045, e a 100% de tratamento de esgotos coletado no ano 2052. Segundo projeção da ONU, o



Brasil terá em torno de 233 milhões de habitantes no ano de 2050, implicando em maior consumo de água e, conseqüentemente, maior volume de esgotos gerados. Para que se realize o tratamento deste esgoto, além dos custos relativos à implantação de sistema de coleta e tratamento, também será necessário considerar os custos de operação e manutenção destas unidades. O consumo de energia elétrica é responsável por mais de 30% do custo operacional de uma ETE, sendo este um fator que deve ser considerado na ampliação do índice de tratamento de esgoto (BENNETT, 2007).

A Tabela 2 apresenta dados referentes às vazões de água consumida e esgoto gerado, coletado e tratado, utilizados no cálculo do consumo energético do tratamento de esgotos.

Tabela 2 – Dados referentes às vazões de água consumida e esgoto gerado, coletado e tratado, e consumo energético no tratamento de esgotos

Ano	População (habitantes)	Vazão água consumida (1000 m ³ /d)	Vazão esgoto gerado (1000 m ³ /d)	Vazão esgoto coletado (1000 m ³ /d)	Vazão esgoto tratado (1000 m ³ /d)	Consumo de energia (GWh)
2000	169.799.170	19.762,7	15.810,2	5.865,6	1.783,1	171,06
2007	183.888.841	22.255,4	17.804,3	7.477,8	2.430,3	233,15
2010	193.733.795	23.829,5	19.063,6	8.407,0	2.808,0	269,38
2020	207.143.243	26.842,4	21.473,9	12.190,2	5.054,3	484,88
2030	216.410.030	29.467,7	23.574,1	17.675,8	9.097,8	872,79
2030-2	216.410.030	32.374,9	25.900,0	25.900,0	20.720,0	1.987,76

Conforme se observa na Tabela 2, o crescimento no consumo de energia será proporcional ao crescimento do volume de esgoto tratado, ou seja, quanto maior o investimento em tratamento de esgoto, maior deverá ser o investimento no setor elétrico para suprir essa necessidade. Comparando o consumo do ano 2030 com o consumo do cenário 2030-2, observa-se um crescimento de 127,8%. O efeito desse crescimento será abordado na posterioridade.

Para ilustrar, o consumo energético do tratamento de esgoto no ano 2010 é equivalente ao consumo de uma cidade de 600 mil habitantes.

Uma forma de avaliar o consumo energético no tratamento de esgoto é compará-lo com o consumo final de energia elétrica no Brasil. Para isso, utilizaram-se os dados da Tabela 3. Os consumos de energia elétrica nos anos 2010, 2020 e 2030 foram calculados no Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030, considerando o cenário demográfico e domiciliar, cenários econômicos e a evolução do mercado de energia elétrica (BRASIL, 2007).

Tabela 3 – Consumo de energia elétrica no Brasil para diferentes cenários econômicos

Cenário	Consumo (GWh)		
	2010	2020	2030
A	475.000	745.600	1.243.800
B1	468.700	693.200	1.045.600
B2	462.500	647.100	941.200
C	451.900	598.000	847.000

FONTE: Adaptado de Brasil (2007)

Os dados de consumo da Tabela 3 foram apresentados para quatro diferentes cenários econômicos, descritos no PNE 2030 da seguinte maneira (BRASIL, 2007):

Cenário A - elevado nível de desenvolvimento econômico, marcado por uma gestão macroeconômica eficaz. Taxa de crescimento do PIB (% a.a.): Brasil 5,1%, Mundo 3,8%.

Cenário B1 - crescimento da economia brasileira supera um crescimento mais moderado da economia mundial, por conta de uma gestão ativa no encaminhamento dos problemas internos. Taxa de crescimento do PIB (% a.a.): Brasil 4,1%, Mundo 3,0%.

Cenário B2 - crescimento do país é equivalente ao do cenário mundial, por causa da



difículdade de enfrentar os problemas estruturais internos. Taxa de crescimento do PIB (% a.a.): Brasil 3,2%, Mundo 3,0%.

Cenário C - crescimento do Brasil é no máximo igual à da média mundial. Taxa de crescimento do PIB (% a.a.): Brasil 2,2%, Mundo 2,2%.

A Figura 1 mostra os resultados obtidos ao comparar o consumo elétrico do tratamento de esgotos com o do Brasil.

Observa-se o impacto da economia na relação consumo no tratamento de esgoto/consumo nacional (C_{TE}/C_N). Para um cenário com elevado desenvolvimento econômico (Cenário A), os efeitos do uso da eletricidade em ETEs são menos sensíveis se comparados a um cenário de baixo desenvolvimento (Cenário C). Isto acontece, pois para que haja o crescimento econômico proposto no cenário A, serão necessários grandes investimentos em todos os setores da economia, inclusive no setor energético, fazendo com que os gastos com energia elétrica no tratamento de esgoto sejam diluídos no consumo total nacional, o que não ocorre no cenário C, visto que grandes investimentos em saneamento básico serão aparentes num cenário econômico modesto.

Ao verificar o crescimento percentual de C_{TE}/C_N de 2010 a 2030, observa-se um aumento de quase 73% no cenário C, sendo que no cenário A, o crescimento é de apenas 23,7%. Assim, o cenário C apresenta maior impacto na matriz energética nacional. Mais uma vez observa-se que maiores taxas de crescimento econômico acabam diluindo o consumo de energia do tratamento de esgoto, o que é benéfico para o crescimento do setor de saneamento.

Deve-se salientar que o investimento para o tratamento de esgotos e os gastos em operação, principalmente energia elétrica, continuarão os mesmos em todos os cenários econômicos, pois estes custos são dependentes do volume e da carga do esgoto gerado e tratado, e não da taxa de crescimento do PIB. O crescimento da relação C_{TE}/C_N poderá ser utilizado como indicativo da necessidade de investimentos em outras fontes energéticas e na ampliação da matriz energética nacional, de forma a suprir a demanda crescente. Pode-se utilizar como base comparativa à relação C_{TE}/C_N atual, que está em torno de 0,058%.

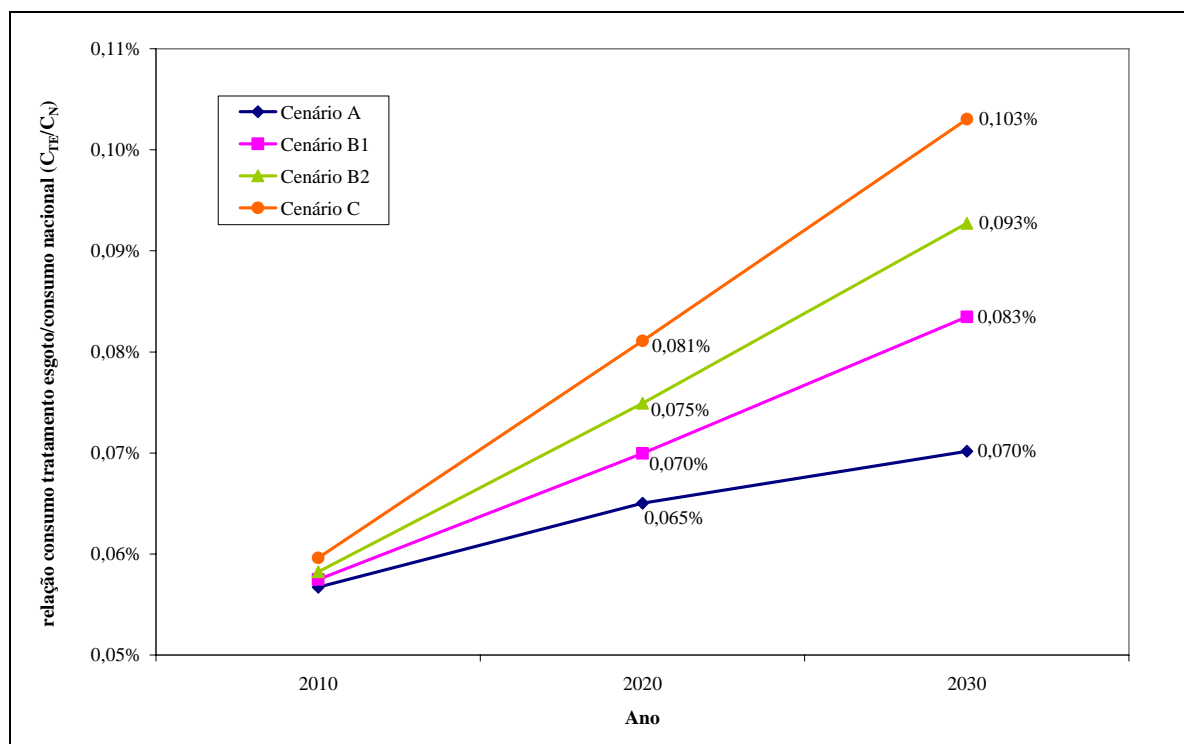


Figura 1 – Fração do consumo de eletricidade no tratamento de esgotos em relação ao consumo nacional (C_{TE}/C_N), de 2010 a 2030



Dentro desse contexto, é possível considerar duas ações que possibilitam que ETEs demandem por menos ou não demandem por energia elétrica, propondo o conceito de ETEs energeticamente auto-suficientes: eficiência energética e uso de fontes de energia renovável.

Segundo Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2008), uma das maneiras mais modernas e utilizadas no mundo para conter a expansão do consumo sem comprometer qualidade de vida e desenvolvimento econômico tem sido o estímulo ao uso eficiente. A necessidade de se buscar a máxima eficiência energética, principalmente na forma de uso onde estão os maiores desperdícios, faz com que a tendência para elevação do preço e explorações extremas de fontes de energia, e a degradação do meio ambiente de maneira irreversível sejam amenizados. Este pressuposto é extremamente aplicável a ETEs, onde grande parte dos processos de tratamento demanda energia elétrica, principalmente o sistema de lodos ativados, que apesar de sua flexibilidade operacional e elevada eficiência de remoção de matéria orgânica, representa a maior parcela do consumo de energia em ETEs, chegando a 70% da energia utilizada.

Os sistemas de esgotos sanitários também oferecem várias oportunidades atrativas para geração de energia usando fontes renováveis, como co-geração usando biogás, hidroeletricidade do efluente (dependendo da cota altimétrica da ETE) e a geração de energia solar e/ou eólica na área da ETE. O uso de fontes de energia renovável em ETEs tem como propósito garantir o aumento da eficiência nos processos de tratamento, eficiência energética e eficiência ambiental. Ao considerar a utilização de fontes de energia renovável, torna-se factível o conceito de ETEs energeticamente auto-suficientes, ou pelo menos possibilita a redução dos custos operacionais relativos ao consumo de energia em ETE.

O conceito de ETEs energeticamente auto-suficientes se torna ainda mais importante ao se considerar o cenário 2003-2, cenário ideal para o saneamento básico do Brasil. Para que este cenário se torne realidade, as taxas de crescimento em abastecimento de água, coleta de esgoto e tratamento de esgoto deverão ser de 1,5%, 5,8% e 10,5% ao ano, respectivamente. Assim o consumo de energia no tratamento de esgoto em 2020-2 e 2030-2 será 731,75 GWh e 1.987,76 GWh, respectivamente. O consumo de energia em 2030 chegará próximo à energia elétrica utilizada no setor de transportes, isto é, 2.100 GWh, segundo (BRASIL, 2007).

Nesse sentido, o crescimento da relação C_{TE}/C_N chega a 182% para o cenário A e a 284% no cenário C, ao comparar 2010 com 2030-2, havendo, neste caso, consumo de energia considerável. A fração do consumo de eletricidade no tratamento de esgotos em relação ao consumo nacional (C_{TE}/C_N), de 2030, considerando as taxas de crescimento do cenário 2030-2, são de 0,160% no cenário A, 0,190% no cenário B1, 0,211% no cenário B2 e 0,235% no cenário C.

4 Conclusão

Devido ao crescimento no consumo energético por parte das ETEs, torna-se cada vez mais necessária a busca por eficiência energética e pela viabilidade do uso de fontes de energia renovável, visando ETEs energeticamente auto-suficientes. Porém, a utilização de fontes de energia renovável em ETEs ainda é uma proposta pouco estudada, sendo necessária uma investigação que aborde implicações técnicas, econômicas e ambientais desta aplicação, visando um novo conceito de projeto e operação de ETEs, onde se considera, além do processo de tratamento, a possibilidade de geração de energia na própria estação, e ações que aumentem de forma significativa a eficiência energética em ETEs.

Ao se considerar o elevado consumo energético resultante do aumento do índice de tratamento do esgotos, deve haver uma preocupação na forma como esta energia será fornecida para as ETEs e na maneira como ela será utilizada, ou seja, preocupação com



eficiência energética das ETEs e nos impactos ambientais causados pelas fontes de energia que alimentam as ETEs. A Eletrobrás, através do programa Procel (Programa Nacional de Preservação de Energia Elétrica), incentiva pesquisas visando o uso eficiente da energia elétrica em sistemas de abastecimento e redução do consumo de água. Porém, a análise e busca da eficiência energética nos sistemas de esgotamento sanitário e especificamente nas ETEs, no entanto, carece de investigação. Assim, propõe-se uma linha de investigação que integre o ciclo do uso da água (coleta e tratamento dos efluentes).

Referências

ABNT. **NBR 9649**: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília : ANEEL, 2008.

BENNETT, Anthony. Energy efficiency: wastewater treatment and energy production. **Filtration+Separation**, v. 44, n. 10, dez. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília: MME 2007. v. 2.

BRASIL. Ministério da Saúde. 1ª CNSA lança compromissos pelo saneamento básico e pela qualidade do ar. **Portal da Saúde**, Brasília, 11 dez. 2009. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/noticias/default.cfm?pg=dspDetalheNoticia&id_area=931&CO_NOTICIA=10928>. Acesso em: 18 jan. 2010.

BURTON, Franklin L. **Water and wastewater industries: characteristics and energy management opportunities: a report that describes how electricity is used and can be managed efficiently in water and wastewater treatment**. St. Louis: MWW, 1996.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm>. Acesso em: 09 jan. 2010.

IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002

IBGE. **Contagem da população 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade 1980-2050**: revisão 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. (Estudos e Pesquisas; Informação Demográfica e Socioeconômica, 24).

PMSS. **Dimensionamento das necessidades de investimentos para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil**. Brasília: MCIDADES; SNSA, 2003.

PMSS. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2007. Brasília: MCIDADES; SNSA, 2009.

SILVEIRA, José Luz. **O dilema da garantia de energia elétrica com baixos custos e reduzidos impactos ambientais**: a solução para a crise energética do país. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2010.