



Potencial de conservação de energia resultante da otimização de uma estação de tratamento de água do município de Caxias do Sul-RS

Tiago Antônio Marcon¹, Taison Anderson Bortolin²

¹ Universidade de Caxias do Sul (tamarcon@ucs.br)

² Universidade de Caxias do Sul (tabortol@ucs.br)

Resumo

O presente artigo teve como objetivo geral apresentar uma análise da eficiência energética resultante da implantação de um projeto de Ampliação e Otimização de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Caxias do Sul. Para isto, este estudo fez um comparativo da energia utilizada atualmente com a energia utilizada se implantado o projeto. Desta maneira foi possível quantificar possíveis reduções com gastos energéticos após a implantação do presente projeto. O resultado desta possível redução foi de 0,077 kW/ano, o que representa cerca de 16 % de economia de energia elétrica.

Palavras-chave: Avaliação Energética, Estação de Tratamento de Água, Estação de Bombeamento de Água Bruta.

Área Temática: Economia e Meio Ambiente

Potential resulting energy conservation optimization of a water treatment plant in the city of Caxias do Sul-RS

Abstract

This article aimed to present an analysis of energy efficiency resulting from implementation of an Extension Project and Optimization of a Water Treatment Plant (WTP) in the city of Caxias do Sul . Therefore, this study did an energy comparison currently used with the energy used is implemented the project. In this way it was possible to quantify possible reductions in energy costs after implementation of this project. The result of this was possible reduction of 0.077 kW/year , representing about 16 % of electricity saving .

Key words: *Energy Assessment, Water Treatment Plant, Pumping Station Raw Water.*

Theme Area: *Economy and Environment*



1 Introdução

O desenvolvimento sustentável se torna cada vez mais presente em empresas ligadas ao saneamento, já que, este setor tem entre as suas quatro grandes áreas, o tratamento e a distribuição de água potável para a população, necessitando como matéria-prima, o elemento mais importante à vida, que é a água.

Porém, para tornar a água bruta em água potável, é necessária a utilização de energia elétrica. Esta necessidade se torna ainda maior no caso da adução desta água bruta até a Estação de Tratamento de Água (ETA), através de equipamentos motor bomba, que são, normalmente, responsáveis por 90% do consumo nestas instalações (GOMES, 2005).

Segundo Gomes (2005), o combate ao desperdício de energia elétrica e água vem impulsionando uma mudança de paradigma comportamental demandada pela sociedade, notadamente, por meio dos organismos governamentais, em função do esgotamento de recursos naturais. O autor aponta também, que a mudança de hábitos e a eficiência energética são instrumentos que promovem a redução efetiva dos desperdícios.

Além disso, Moreira (2006) destaca que, para os prestadores de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Brasil, os custos relacionados à energia elétrica são predominantemente o segundo item de custos operacionais (ELETROBRAS, 2015). A estes custos está relacionado um importante potencial de conservação a ser explorado (MIRANDA, 2006).

. Diante disto, este estudo tem o propósito de apresentar uma avaliação do potencial de conservação de energia das Estações de Bombeamento de Água Bruta (EBAB's) e ETA's envolvidas no tratamento e distribuição de água para a zona norte do município de Caxias do Sul – RS, sob responsabilidade da autarquia SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) tomando como subsídio o projeto de otimização e ampliação da ETA Celeste Gobatto e encerramento das atividades de outra ETA (Borges de Medeiros).

2 Caracterização do Abastecimento de Água no Município de Caxias do Sul

Por se tratar de um município com uma área territorial de mais de 1.600 km², e uma população de aproximadamente 470 mil habitantes (IBGE, 2014), Caxias do Sul conta com mais de seis mananciais para conseguir atender a demanda de água de toda essa população. Nas áreas rurais a oferta de água se dá com poços artesianos, e com a captação e tratamento de água para as regiões urbanas a partir de reservatórios e barragens.

A responsabilidade por este abastecimento está a cargo do Serviço Municipal de Água e Esgoto - SAMAE, fundado em 5 de janeiro de 1966 (SAMAE, 2015). Em relação à oferta de água, a autarquia atualmente atinge 98 % da população total, contabilizadas a população urbana e rural. Porém atende 100 % da população considerando apenas a população urbana.

O Abastecimento urbano é dividido em 8 ETAs que fazem parte de 6 Sistemas de Abastecimento de Água, da seguinte forma:

- ➔ Sistema Dal Bó: ETA Borges de Medeiros;
- ➔ Sistema Samuara: ETA Samuara;
- ➔ Sistema Galópolis: ETA Galópolis;
- ➔ Sistema Maestra: ETA Celeste Gobatto e ETA Ildefonso José Schoroeber;
- ➔ Sistema Faxinal: ETA Parque da Imprensa e ETA Ana Rech;
- ➔ Sistema Marrecas: ETA Morro Alegre.

Dos Sistemas de Abastecimento de água citados acima, quatro abastecem a zona norte de Caxias do Sul: Sistema Dal Bó, Sistema Maestra, Sistema Faxinal e Sistema Marrecas,

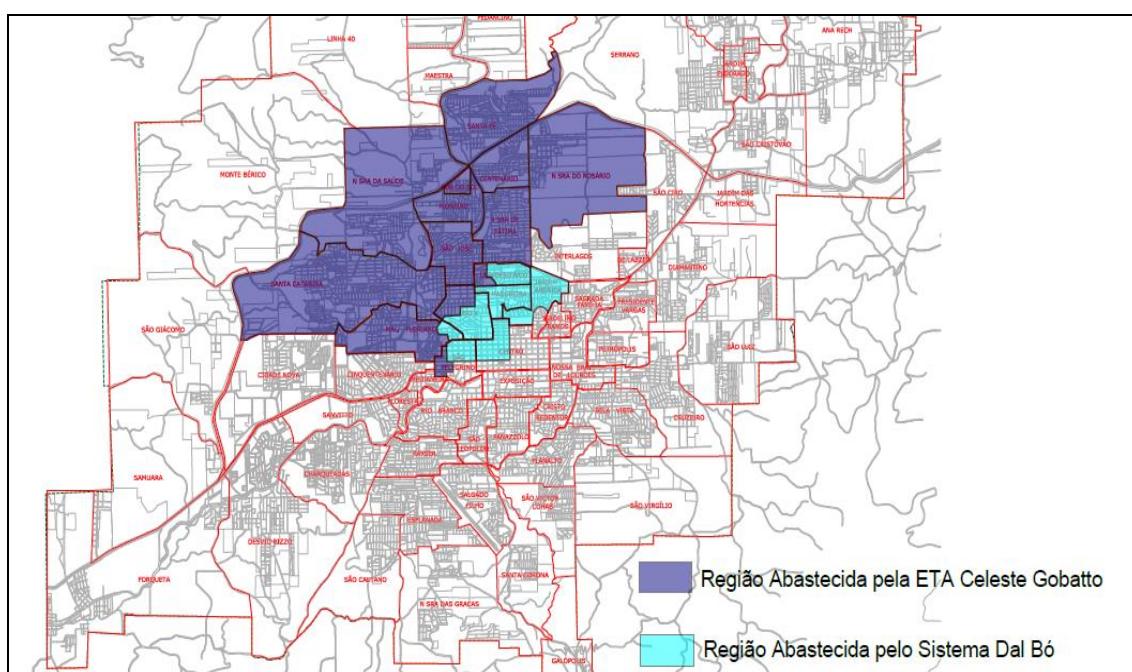


onde a maior parte desta região é abastecida pelos dois primeiros, os quais fazem parte três ETAs. Para melhor gestão, o SAMAE pretende reduzir este número de ETAs para duas, sendo elas a ETA José Ildefonso Schoroer e a ETA Celeste Gobatto. A água que atualmente é tratada na ETA Borges de Medeiros, passará a ser tratada na ETA Celeste Gobatto, o que fará com que esta estação tenha um acréscimo de 110L/s em sua vazão atual de operação.

Atualmente a ETA Celeste Gobatto opera 24 horas por dia com uma vazão máxima de 320 L/s e uma vazão mínima de 195 L/s. Essa menor vazão se dá nos horários de menor consumo, que basicamente são das 0 h e 00 min às 5 horas e 30 minutos, totalizando um volume diário de aproximadamente 25.170 m³/dia. A ETA conta ainda com um reservatório de 2.400 m³.

Na figura 1, apresenta-se a área do município que é abastecida atualmente pela ETA Celeste Gobatto e a área que é abastecida pela ETA Borges de Medeiros, sendo que esta área será abastecida pela ETA Celeste Gobatto, após a ampliação.

Figura 1 - Áreas, atual e futura atendida pela ETA Celeste Gobatto.



Fonte. O Autor (2015)

3 Metodologia

Este estudo levou em consideração que, se implantado o projeto de ampliação e otimização da ETA Celeste Gobatto, esta terá capacidade suficiente para tratar a água que hoje além de ser processada nesta ETA, também o fará com a água processada na ETA Borges de Medeiros. Para isto haverá algumas adequações na ETA Celeste Gobatto, tornando possível o encerramento das atividades na ETA Borges de Medeiros, sem que haja prejuízo no abastecimento da população que estas duas ETAs executam.

A primeira etapa desta avaliação constituiu em um levantamento do consumo de energia elétrica das ETAs e EBABs, nos últimos 12 meses.

Em seguida foi feito um levantamento da quantidade de água tratada, relacionando com a capacidade produtiva dos atuais sistemas. Então, realizou-se uma estimativa do consumo energético necessário para a produção de um m³ de água potável. Esta estimativa foi



realizada mensalmente e através da média dos meses chegou-se a um valor médio anual de consumo energético necessário para a produção de água potável.

Considerou-se que após a implantação do projeto serão trocadas as bombas de recalque de água usada para retrolavagem, as bombas de recalque para reuso da água usada na retrolavagem e ainda serão adicionadas bombas para o recalque do lodo a ser tratado no adensador. As potências referentes a troca destes equipamentos estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Potências dos equipamentos antes e depois da ampliação da ETA Celeste Gobatto

	Potência do Equipamento utilizado atualmente - Sem a ampliação da ETA Celeste Gobatto (HP)	Potência do Equipamento que será utilizado após a ampliação da ETA Celeste Gobatto (HP)
Bomba de recalque para água da retrolavagem dos filtros	19,73	40
Bomba de recalque para reuso da água usada na retrolavagem dos filtros	9,86	6
Bomba de recalque do lodo retirado dos sedimentadores	Não possui	2

Fonte. O Autor (2015)

Como é possível observar na tabela 1, para a ampliação da ETA Celeste Gobatto será necessária uma bomba de recalque para a água da retrolavagem dos filtros com maior potência e em contrapartida será possível reduzir a potência da bomba de recalque para reuso da água usada na retrolavagem. Para o cálculo da diferença de consumo mensal utilizou-se a seguinte equação 1.

$$\Delta_e = (Cons_{arf} - Cons_{ara}) + (Cons_{aurf} - Cons_{aura}) + Cons_{rl} \quad (1)$$

Onde:

Δ_e : Diferença mensal no consumo de energia [kW/h];

$Cons_{arf}$: Consumo mensal para recalque de água para retro lavagem dos filtros da ETA após ampliação [kW/h];

$Cons_{ara}$: Consumo mensal para recalque de água para retro lavagem dos filtros da ETA atual [kW/h];

$Cons_{aurf}$: Consumo mensal para recalque de água usada na retro lavagem dos filtros da ETA após ampliação [kW/h];

$Cons_{aura}$: Consumo mensal para recalque de água usada na retro lavagem dos filtros da ETA atual [kW/h];

$Cons_{rl}$: Consumo mensal para recalque do lodo [kW/h];

O consumo mensal para cada variável da equação acima é obtido de acordo com a seguinte equação 2:

$$Cons_{mensal} = P \cdot t \cdot d_m \quad (2)$$



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Onde:

$Cons_{mensal}$: Consumo mensal do equipamento a ser avaliado [kW/h];

P : Potência do equipamento a ser avaliado [kW/h];

t : tempo de uso diário do equipamento [h/dia];

d_m : dias por mês.

Atualmente o tempo de vida de cada filtro após a lavagem na ETA Celeste Gobatto é, em média, 12 horas, sendo que a bomba de recalque demora aproximadamente 1 h e 15 min, para encher o reservatório de água para a retrolavagem. Após a ampliação, devido a troca do leito filtrante espera-se que o tempo de vida de cada filtro após cada lavagem fique em 30 horas, e, com a nova bomba de recalque, o reservatório ficará cheio em 1 hora. O tempo de esvaziamento do reservatório de água usada na retrolavagem também irá mudar, passando de 1h e 30 min, para 3h e 20 min. Considera-se ainda, que o reservatório de lodo será esvaziado em 6 horas.

Também foi feita uma previsão de produção de água após a implantação do projeto de ampliação da ETA Celeste Gobatto, com o objetivo de comparar se este projeto irá ser mais econômico do ponto de vista energético e consequentemente financeiro.

4 Resultados

Os resultados obtidos do levantamento do consumo energético das ETAs e EBABs envolvidas no tratamento de água da zona norte do município de Caxias do Sul são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Consumo energético atual do sistema de abastecimento de água da zona norte do município de Caxias do Sul

Mês	Sistema Maestra			Sistema Dal Bó			Total (kW/h)
	EBAB Maestra (kW/h)	ETA Celeste Gobatto (kW/h)	Subtotal (kW/h)	EBAB Dal Bó (kW/h)	ETA Borges de Medeiros (kW/h)	Subtotal (kW/h)	
Ago/2014	239.106	133.134	372.240	59.612	19.783	79.395	451.635
Set/2014	226.422	144.546	370.968	59.772	20.324	80.096	451.064
Out/2014	240.679	138.721	379.400	57.146	18.643	75.789	455.189
Nov/2014	224.747	140.489	365.236	51.383	21.459	72.842	438.078
Dez/2014	224.503	132.055	356.558	41.113	21.787	62.900	419.458
Jan/2015	243.918	140.962	384.880	36.931	20.398	57.329	442.209
Fev/2015	214.590	144.351	358.941	34.926	18.397	53.323	412.264
Mar/2015	210.476	128.868	339.344	36.998	21.533	58.531	397.875
Abr/2015	240.329	136.560	376.889	33.960	17.970	51.930	428.819
Mai/2015	236.671	134.129	370.800	32.872	18.913	51.785	422.585
Jun/2015	214.135	124.902	339.037	34.317	20.131	54.448	393.485
Jul/2015	220.275	106.411	326.686	31.470	18.179	49.649	376.335

Fonte. RGE (2015)



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Como observado na tabela 2, o consumo energético médio mensal atualmente para o tratamento da água distribuída para a zona norte do município de Caxias do Sul, sem a ampliação da ETA Celeste Gobatto é de aproximadamente 424.083 kW.

A quantidade de água potável produzida para abastecer a zona norte do município de Caxias do Sul e a estimativa do consumo energético necessário para produzir um m³ de água potável para esta região são apresentadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Quantidade de água potável produzida no sistema de abastecimento de água da zona norte do município de Caxias do Sul

	ETA Borges de Medeiros		ETA Celeste Gobatto		Total Capacidad e (m ³)	Total produzido (m ³)	Quantidade produzida em relação a capacidade total (%)
	Volume Producido (m ³)	Capacidad (m ³)	Volume Producido (m ³)	Capacidad (m ³)			
ago/14	223.070	243.350	736.722	780.270	1.023.620	959.792	93,76
set/14	220.176	235.500	706.885	755.100	990.600	927.061	93,59
out/14	223.578	243.350	745.024	780.270	1.023.620	968.602	94,63
nov/14	178.765	235.500	725.551	755.100	990.600	904.316	91,29
dez/14	177.926	243.350	745.060	780.270	1.023.620	922.985	90,17
jan/15	171.749	243.350	705.517	780.270	1.023.620	877.266	85,70
fev/15	154.706	219.800	637.402	704.760	924.560	792.108	85,67
mar/15	205.106	243.350	703.494	780.270	1.023.620	908.600	88,76
abr/15	152.561	235.500	700.312	755.100	990.600	852.872	86,10
mai/15	155.524	243.350	695.455	780.270	1.023.620	850.979	83,13
jun/15	152.366	235.500	680.846	755.100	990.600	833.213	84,11
jul/15	155.840	243.350	686.779	780.270	1.023.620	842.620	82,32

Fonte. Adaptado de SAMAES (2015)

Tabela 4 – Consumo energético por volume de água potável produzido na zona norte do município de Caxias do Sul

	Total produzido (m ³)	Energia Consumida (kW)	Consumo energético por volume de água potável produzido (kW/m ³)
ago/14	959.792,40	451.635,00	0,471
set/14	927.061,20	451.064,00	0,487
out/14	968.601,60	455.189,00	0,470
nov/14	904.316,40	438.078,00	0,484
dez/14	922.985,28	419.458,00	0,454
jan/15	877.266,00	442.209,00	0,504
fev/15	792.108,00	412.264,00	0,520
mar/15	908.600,40	397.875,00	0,438
abr/15	852.872,40	428.819,00	0,503
mai/15	850.978,80	422.585,00	0,497
jun/15	833.212,80	393.485,00	0,472
jul/15	842.619,60	376.335,00	0,447

Fonte. O Autor (2015)



Na tabela 3 é possível observar que tanto a ETA Celeste Gobatto como a ETA Borges de Medeiros não produzem a capacidade máxima de água potável, sendo que o valor médio é de 88,29 % por mês, no período estudado.

A partir das informações contidas na tabela 4 realizou-se uma média do consumo energético por volume de água potável produzida em um ano, atualmente, sem a implantação do projeto proposto, chegando ao valor de 0,479 kW/m³.

Os resultados obtidos a partir da equação 2 estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Diferença de consumo energético da ETA Celeste Gobatto, devido à ampliação.

	Atual		Após a ampliação		
	Bomba de recalque da água para retrolavagem m	Bomba de recalque da água usada na retrolavagem	Bomba de recalque da água para retrolavagem	Bomba de recalque da água usada na retrolavagem	Bomba de recalque do lodo
Potência (kW/h)	14,71	7,35	29,83	4,47	1,49
Tempo de uso por dia (h)	10	12	4,8	19,91	6
Consumo (dia)	147,1	88,25	143,17	89,07	8,95
Consumo (28 dias/mês)	4118,24	2470,94	4008,88	2494,01	250,55
Consumo (30 dias/mês)	4412,4	2647,44	4295,23	2672,15	268,45
Consumo (31 dias/mês)	4559,48	2735,69	4438,41	2761,22	277,4

Fonte. O Autor (2015)

Utilizando os valores das últimas três linhas, pode-se calcular a diferença do consumo mensal, para os meses de acordo com a quantidade de dias de cada mês. Então substituindo na equação 105, tem-se.

Δ_e : para meses com 28 dias = 164,26 kW.mês;

Δ_e : para meses com 30 dias = 176,0 kW.mês;

Δ_e : para meses com 31 dias = 181,86 kW.mês.

Como a ETA Celeste Gobatto será ampliada e receberá a água que atualmente é tratada na ETA Borges de Medeiros, não haverá mais consumo energético para esta última ETA mencionada. Também haverá uma redução no consumo energético na EBAB Dal Bó, pois atualmente esta EBAB se utiliza de duas bombas de 100 cv, cada uma, operando em série. E com a ampliação da ETA Celeste Gobatto, esta EBAB mudará de local e de acordo com a nova localização em relação a ETA ampliada terá mudada a sua perda de carga, desta maneira, a nova EBAB fará uso de apenas uma bomba de 100 cv, para recalcar uma quantidade maior de água bruta até a ETA Celeste Gobatto. Sendo assim, o consumo energético da nova EBAB Dal Bó será a metade do consumo na atual EBAB Dal Bó.



5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Com a implantação do projeto proposto haverá um novo consumo, cuja previsão está apresentada na tabela 6.

Tabela 6 – Previsão de consumo energético do sistema de abastecimento de água da zona norte do município de Caxias do Sul, após ampliação da ETA Celeste Gobatto

	EBAB Maestra (kW)	ETA Celeste Gobatto (kW)	Acréscimo de consumo na ETA Celeste Gobatto (kW)	Nova EBAB Dal Bó (kW)	Total (kW)
ago/14	239.106	133.134	181,86	29.806	402.227,86
set/14	226.422	144.546	176,00	29.886	401.030,00
out/14	240.679	138.721	181,86	28.573	408.154,86
nov/14	224.747	140.489	176,00	25.691,5	391.103,50
dez/14	224.503	132.055	181,86	20.556,5	377.296,36
jan/15	243.918	140.962	181,86	18.465,5	403.527,36
fev/15	214.590	144.351	164,26	17.463	376.568,26
mar/15	210.476	128.868	181,86	18.499	358.024,86
abr/15	240.329	136.560	176,00	16.980	394.045,00
mai/15	236.671	134.129	181,86	16.436	387.417,86
jun/15	214.135	124.902	176,00	17.158,5	356.371,50
jul/15	220.275	106.411	181,86	15.735	342.602,86

Fonte. (O Autor)

Como observado na tabela 6, a previsão de consumo energético médio mensal, para o tratamento da água distribuída para a zona norte do município de Caxias do Sul, se implantado o projeto de ampliação da ETA Celeste Gobatto é de aproximadamente 383.378,98 kW.

A estimativa do consumo energético necessário para a produção de um m³ de água potável com a implantação do projeto está apresentada na tabela 7.



Tabela 7 - Consumo energético por volume de água potável produzido na zona norte do município de Caxias do Sul, após ampliação da ETA Celeste Gobatto.

	Capacidade	Quantidade produzida em relação a capacidade total (%)	Previsão de produção em relação ao percentual (m ³ /mês)	Total (kW/mês)	Consumo energético por volume de água potável produzido (kW/m ³)
ago/14	1.097.865	93,76	1.029.407,87	402.227,86	0,391
set/14	1.062.450	93,59	994.302,62	401.030,00	0,403
out/14	1.097.865	94,63	1.038.856,02	408.154,86	0,393
nov/14	1.062.450	91,29	969.908,10	391.103,50	0,403
dez/14	1.097.865	90,17	989.931,06	377.296,36	0,381
jan/15	1.097.865	85,70	940.895,68	403.527,36	0,429
fev/15	991.620	85,67	849.561,02	376.568,26	0,443
mar/15	1.097.865	88,76	974.502,82	358.024,86	0,367
abr/15	1.062.450	86,10	914.732,77	394.045,00	0,431
mai/15	1.097.865	83,13	912.701,82	387.417,86	0,424
jun/15	1.062.450	84,11	893.647,22	356.371,50	0,399
Jul/15	1.097.865	82,32	903.736,32	342.602,86	0,379

Fonte. O Autor (2015)

A partir das informações contidas na tabela 6 foi feita uma média do consumo energético por volume de água potável produzida em um ano, chegando ao valor de 0,402 kW/m³. Com a implantação do projeto proposto é possível notar que haverá uma economia no consumo energético de 0,077 kW para cada m³ de água potável produzido. Representando assim uma eficiência energética de 16 % por ano.

Considerando a previsão de produção anual de 11.412.183,31 m³, têm-se um consumo energético de 4.587.701,71 kW. Ainda, se fosse possível tratar este mesmo volume de água para o sistema atual, o consumo energético seria de 5.465.138,18 kW, o que representa uma economia de 877.436,47 kW por ano. Como o valor médio pago por kW é de R\$ 0,53, a instalação do presente projeto representa uma economia financeira de R\$ 465.041,33 por ano.

5 Considerações Finais

Este estudo mostrou que se implantado o projeto de ampliação e otimização da ETA Celeste Gobatto, o SAMAE irá economizar R\$ 465.041,33 por ano em gastos com energia elétrica, demonstrando assim uma eficiência energética maior se comparado com os sistemas atuais de distribuição de água para a zona norte de Caxias do Sul.

Porém é aconselhado que se aprofunde mais este estudo para confirmar tal afirmação, já que o projeto proposto, não menciona possíveis gastos com a distribuição da água que atualmente ocorre a partir da ETA Borges de Medeiros, que encerrará suas atividades, no caso da implantação do projeto. Sendo que o ponto de partida para distribuição da água que irá ser tratada na ETA Celeste Gobatto é diferente.

Então, para se aprofundar esta avaliação energética, deve-se analisar a possibilidade de adicionar Estações de Bombeamento de Água Tratada (EBATs) para que a população não seja afetada, e, se for constatada esta necessidade, sugere-se refazer este estudo.



Referências

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/1/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 20 de maio de 2015.

ELETROBRÁS. PROCEL. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/procel>>. Acesso em: 19 dez. 2015.

GOMES, Heber Pimentel. Eficiência Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

IBGE. IBGE Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=430510>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

MIRANDA, E. C., 2006, A Eficiência Energética e o Saneamento Básico no Brasil. Entrevistador: MOREIRA, M. Entrevistado: Coordenador do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS. Rio de Janeiro: Entrevista concedida para a Dissertação de Mestrado “A Eficiência Energética e o Saneamento Básico no Brasil – Avaliação de Postura Estratégica segundo o Modelo das Cinco Forças de Porter” apud MOREIRA, Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira. *Potencial de Mercado de Eficiência Energética no Setor de Água e Esgoto no Brasil – Avaliação de Estratégias Segundo o Modelo de Porter.* 2006, 280 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. [Orientador: Luiz Pinguelli Rosa].

MOREIRA, Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira. *Potencial de Mercado de Eficiência Energética no Setor de Água e Esgoto no Brasil – Avaliação de Estratégias Segundo o Modelo de Porter.* 2006, 280 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. [Orientador: Luiz Pinguelli Rosa].

SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO – SAMAE. Água. Disponível em: <<http://www.samaecaxias.com.br/agua>>. Acesso em: 04 abr. 2015.