

# INSTALAÇÃO DE UMA MICROCENTRAL HIDROELÉTRICA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NITERÓI EM CANOAS/RS

Jorge Marcelo Wohlgemuth<sup>1</sup>

Rafael Pinto da Cunha<sup>2</sup>

## RESUMO

A Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) tem como a sua segunda maior despesa, dentro dos seus custos totais, o gasto com energia elétrica. A Unidade de Saneamento de Canoas é o maior sistema da CORSAN e, portanto, uma das que possui maior consumo de energia elétrica. As Estações de Tratamento de Água da CORSAN, em Canoas, são usinas purificadoras de água com elevados gastos de energia. Entretanto, existem dentro dessas plantas, grandes potenciais de geração de energia elétrica, através da transformação da energia cinética (movimento) e, menos um pouco, de posição (altura) em energia mecânica e, conseqüentemente, em energia elétrica. A Estação de Tratamento de Água Niterói em Canoas é abastecida com água bruta do manancial Arroio das Garças, até o Salto hidráulico. Após a massa líquida transpor o Salto hidráulico, desloca-se pela Calha Parshall até o floculador/decantador. Para a geração de energia na Calha Parshall, utilizou-se o conceito da roda de alcatruzes de baixo (moinho). Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o aproveitamento do deslocamento da massa líquida na Calha Parshall (Salto hidráulico) da Estação de Tratamento de Água (ETA) Niterói, em Canoas, na geração de energia elétrica. A partir das características de operação da hidráulica Niterói, cálculos foram realizados para determinar a potência elétrica efetiva, determinar a corrente elétrica disponível e avaliar a economia obtida na implantação de uma Microcentral Hidroelétrica. Os resultados apontaram uma potência elétrica efetiva ( $P_e$ ), em uma hora de operação da ETA, de 5,32 KW/h e uma corrente elétrica disponível ( $I_e$ ) de 24 amperes. Assim, estima-se, com certa margem de segurança, a geração de energia elétrica suficiente para a alimentação de vinte lâmpadas eletrônicas instaladas no decantador da ETA Niterói, proporcionando uma economia inicial de R\$ 600, 00/mês. Acredita-se que a disponibilidade de energia elétrica gerada na Calha Parshall da ETA Niterói seria ainda maior e mais eficiente aprofundando-se os cálculos iniciados neste estudo e utilizando-se equipamentos mais modernos na fabricação de um primeiro protótipo.

**Palavras-Chave:** ETA Niterói, Microcentral Hidroelétrica, Potencial de Geração de Energia Elétrica

<sup>1</sup> Professor das Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT. Taquara/RS. [jmw@faccat.br](mailto:jmw@faccat.br)

<sup>2</sup> Aluno do curso de pós-graduação em Gestão Local do Saneamento Público das Faculdades Integradas de Taquara - FACCAT. Taquara/RS. [rc\\_cunha@ibest.com.br](mailto:rc_cunha@ibest.com.br)

## **ABSTRACT**

*The Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) has as its second largest expense, within its total costs, spending on electricity. The Sanitation Unit in Canoas is the largest system of CORSAN and, therefore, one with the highest electrical energy consumption. The Water Treatment Stations (Portuguese: Estação de Tratamento de Água – ETA) of CORSAN in Canoas, are purifying water power plants with high energy costs. However, there are inside these plants, large capacities of electric power generation, through the transformation of kinetic energy (motion) and, a little less, position (height) into mechanical energy and, consequently in electricity. The Niterói Water Treatment Station in Canoas is supplied with raw water from the wellspring Arroio das Graças until the hydraulic jump. After the net mass transpose the hydraulic jump, it moves through the Calha Parshall to the flocculator/settler. For the generation of energy in the Calha Parshall, it was used the concept of down bucket wheel (mill). Thus, this study aims to evaluate the use of the net mass displacement in the Calha Parshall (hydraulic jump) of the Water Treatment Station Niterói, in Canoas, in the generation of electricity. Based on the operating characteristics of the hydraulic Niterói, calculations were made to determine the effective electric power, to determine the available electrical current and to evaluate the savings in the implementation of a micro hydro power plant. The results showed an effective electric power ( $P_e$ ), in an hour of ETA operation, of 5.32 KW/h and an available electric current ( $I_e$ ) of 24 amperes. Therefore, it is estimated, with certain safety margin, the sufficient electricity generation to feed twenty electronic lamps installed in the decanter of ETA Niterói, providing an initial savings of R\$ 600,00/month. It is believed that the availability electricity generated in Calha Parshall of ETA Niterói would be even greater and more efficient going deep into the calculations started in this study and using more modern equipment in the manufacture of a first prototype.*

**Keywords:** *Niterói ETA, Micro Hydro Power Plant, Electric Power Generation Potential*

## **1. INTRODUÇÃO**

No início do século XX ocorreu a revolução industrial, com inúmeros avanços tecnológicos que, conseqüentemente, trouxe muitos benefícios e facilidades para a existência humana. Contudo, conseqüências indesejáveis aconteceram em razão do aumento populacional decorrente da melhora das condições de vida e avanços consideráveis da medicina (LEAL et al., 2008).

A emissão de gases na atmosfera, a poluição sonora nas cidades, o acúmulo de lixo nas regiões mais povoadas, o lançamento de dejetos no meio ambiente e, principalmente, a busca por energia em todas as suas formas mostraram o lado negativo do avanço científico. Desse modo, o abastecimento de água com qualidade, nas regiões mais populosas, ficou cada vez mais afetado,

uma vez que os mananciais de captação apresentam uma qualidade e quantidade insuficientes, exigindo maior concentração de produtos químicos aplicados no processo de potabilidade da água (CETESB, 2001a).

Semelhantemente, a busca por energia elétrica tem sido cada vez mais intensa, pois as máquinas, equipamentos e ferramentas modernas necessitam dessa energia para funcionar. O mundo, atualmente, busca fontes alternativas de geração de energia elétrica e/ou reaproveitamento da mesma, pois atravessa uma grave crise energética, sendo a energia elétrica a demanda mais significativa (GUITARRARA, 2012). O Brasil vive, desde 1998, incertezas no setor elétrico nacional tendo sido registrados muitos apagões desde então. Hoje, vive-se uma crise hídrica (falta d'água) e elétrica (falta de energia) em grandes regiões do país.

A construção de inúmeras hidroelétricas de médio e grande porte, em razão da necessidade da geração de energia elétrica e, muitas vezes, para a captação de água, visando o abastecimento humano, acarretam impacto ambiental e, quase sempre, dificultam o tratamento da água. A adição excessiva de produtos químicos, em razão da poluição ou proliferação de algas (características das barragens e represas), é uma realidade (CORSAN, 2010).

A Companhia Riograndense de Saneamento tem como a sua segunda maior despesa, dentro dos seus custos totais, o gasto com energia elétrica. Assim, a companhia busca maneiras de reduzir este gasto, principalmente, nas maiores cidades. A Unidade de Saneamento de Canoas é o maior sistema da CORSAN e, portanto, uma das que possui maior consumo de insumos, por decorrência, um elevado gasto com energia elétrica (CORSAN, 2010).

O objetivo desse trabalho é avaliar o aproveitamento do deslocamento de massa líquida na Calha Parshall (Salto hidráulico) da Estação de Tratamento de Água Niterói em Canoas em geração de energia elétrica. Como objetivos específicos têm-se: avaliar a possibilidade de geração de corrente elétrica, calcular a potência elétrica disponível e avaliar a economia obtida a partir da instalação de uma Microcentral Hidroelétrica.

## **2. A CORSAN NO MUNICÍPIO DE CANOAS**

O Município de Canoas pertencente a região metropolitana de Porto Alegre e, conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, apresentava 323.327 habitantes (IBGE, 2010), que, em sua maioria, residiam na área urbana da cidade. Esse município

caracteriza-se por ser a quarta maior cidade do Rio Grande do Sul, depois da capital Porto Alegre, Caxias e Pelotas em número de habitantes. Desse modo, A CORSAN tem uma responsabilidade muito grande perante a comunidade local na área do saneamento, principalmente, quando questionada sobre os índices de atendimento de coleta e tratamento de esgoto sanitário, sendo item estratégico da companhia a universalização desse tema.

A Unidade de Saneamento de Canoas (US) é Polo e não possui unidades pequenas vinculadas, sendo composta por cento e vinte e quatro funcionários que atendem, aproximadamente, 128.000 economias de água e 21.000 economias de esgoto (CORSAN, 2013) . A U.S. de Canoas possui três Estações de Tratamento de Água, com vazão média de tratamento de 1470 l/s. Também faz parte da CORSAN Canoas a Coordenadoria Operacional, responsável pelo apoio técnico, operacional e de manutenção de redes.

A Coordenadoria Operacional (COP) é um setor dentro da Unidade de Saneamento de Canoas responsável pelo cadastro, monitoramento, fiscalização e manutenção dos sistemas operacionais de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A COP Canoas pode ser subdividida em quatro setores: Manutenção de Redes de Água, Geoprocessamento, Manutenção de Redes de Esgoto/Controle da Repavimentação e Centro de Controle Operacional/Manutenção Eletromecânica.

Essa Coordenadoria possui 46 funcionários sendo 8 Técnicos Científicos, 5 Agentes Administrativos e 32 Agentes de Serviços Operacionais. Também fazem parte da sua atribuição a fiscalização do Contrato de Recuperação de Próprios e, principalmente, de Ampliação e Substituição de Redes de Água da CORSAN no município, pois é uma das maneiras de diminuir a perda física (desperdício de água) reduzindo o impacto ambiental.

A CORSAN Canoas trabalha desde 2008 com Planejamento Estratégico (PE), uma vez que, pelo tamanho dessa Unidade de Saneamento, é imprescindível que haja um planejamento das ações a serem desenvolvidas. Neste contexto, ao término de cada ano é elaborado o PE da US com a participação da maioria dos funcionários. Na ocasião é analisado o ambiente interno e externo e, em concordância com o Planejamento Estratégico corporativo, definem-se metas e indicadores de controle, sendo estabelecidos planos de ação a serem executados.

Assim, tendo como base o PE institucional da CORSAN, o qual destaca a prática da educação ambiental e da gestão de resíduos e dos recursos hídricos, estabeleceu-se no

Planejamento Estratégico da US de Canoas a importância na otimização dos processos, na disposição correta dos resíduos e, principalmente, na redução dos custos operacionais.

As Estações de Tratamento de Água da CORSAN em Canoas são usinas purificadoras de água com elevados gastos de energia. Entretanto, existem dentro dessas plantas grandes potenciais de geração de energia elétrica, através da transformação de energia cinética (movimento) e, menos um pouco, de posição (altura) em energia mecânica e, conseqüentemente, energia elétrica (FAINZILBER, 1980). O reaproveitamento da água já captada para tratamento, na geração de energia elétrica, pode acarretar, em um curto intervalo de tempo, na redução dos custos com a energia elétrica local. A economia indireta no consumo de água e na preservação dos recursos hídricos, tende a reduzir a necessidade da construção de novas barragens e represas, com a sua otimização a partir da generalização de procedimentos como estes.

O escopo desse trabalho testará a capacidade de geração de energia elétrica através da possibilidade de introdução no processo de uma pequena Microcentral Hidroelétrica na Estação de Tratamento de Água Niterói, aplicando os conceitos de uma sociedade autossustentável (SANT'ANA, 1987; SANTOS et al., 1983).

### **3. MICROCENTRAIS HIDROELÉTRICAS**

As rodas de água são máquinas bastante primitivas e simples, geralmente construídas de madeira, podendo também ser empregadas chapas de aço na sua construção. Estas rodas são acionadas por água, em movimento tangencial à roda, na qual a água não exerce nenhuma ação de impulsão ou choque sobre as pás, como é o caso das turbinas (FARRET, 1999). O empuxo da água sobre as pás desenvolve um torque no eixo e a roda gira, gerando uma força motriz. Como se pode depreender, tais máquinas tem porte avantajado, funcionam com velocidades angulares baixas e são de pequeno rendimento devido às perdas por atrito, turbilhonamento e ao não preenchimento completo dos alcatruzes - cubas (FAINZILBER, 1980).

As rodas d'água são também denominadas de rodas de alcatruzes e, de acordo com Farret (1999), existem três tipos. O primeiro modelo é denominado roda de alcatruzes de cima, onde a massa de água enche os vasos fixos fazendo o eixo da roda girar proporcionando um torque no sentido do escoamento. Esse modelo também é conhecido como motor hidráulico de gravidade.

O segundo tipo é conhecido como a roda de alcatruzes de culissa, sendo que a energia cinética da massa líquida escoar por um bocal tangente à roda gerando um torque, analogamente ao primeiro modelo (FAINZILBER, 1980).

O terceiro modelo é caracterizado como a roda de alcatruzes de baixo, pois as cubas são movimentadas ao contrário do primeiro modelo, ou seja, pela parte de baixo. Esse modelo pode ser montado sobre flutuadores e, desse modo, acompanhar a variabilidade do nível do manancial mantendo o torque praticamente constante (SANTOS et al., 1983).

Em seu conceito esse modelo é o que mais se assemelha para o cálculo de geração de energia elétrica na ETA Niterói, apesar da inaplicabilidade de flutuadores, pois conforme mostrado na figura 1, a Calha Parshall da ETA não apresenta altura superior a um metro, não sendo, então, tão significativa a queda d'água (força gravitacional) no modelo simulado, mas ainda com uma pequena contribuição. Contudo, a falta considerável dessa força é compensada com significativo deslocamento e velocidade da massa líquida proporcionado pela força de adução das bombas hidráulicas, gerando elevado grau de energia cinética (GUITARRARA, 2012). As Estações de Tratamento de Água complexas, como é o caso da ETA Niterói, funcionam 24 horas por dia e 365 dias por ano com uma vazão, em média, constante. Portanto, assemelham-se muito com os mananciais utilizados pelas Rodas de Alcatruzes (moinhos).



**Figura 1- Calha Parshall da ETA Niterói**

#### **4. A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NITERÓI**

A Estação de Tratamento de Água Niterói é abastecida com água bruta do manancial Arroio das Garças, o qual é localizado na confluência dos rios Sinos, Jacuí e Gravataí. A água chega à Estação de Tratamento de Água Niterói através de uma adutora de Ferro Fundido de 800 mm, aduzida por três bombas centrífugas de grande potência até o Salto Hidráulico da ETA (unidade de entrada da água bruta nas estações de tratamento de água).

Após a massa líquida transpor o Salto hidráulico, esta se desloca pela Calha Parshall (figura 2), que é o local onde quantifica-se a vazão de operação da hidráulica Niterói, até o floculador, dando continuidade ao processo de tratamento. A ETA Niterói trabalha atualmente com uma vazão média de 900 l/s, chegando em casos extremos no verão a picos de 1000 l/s. A Calha Parshall também é utilizada para a homogeneização do coagulante (no caso o sulfato de alumínio). Esta etapa do tratamento caracteriza-se como a mistura rápida através do turbilhonamento no local. Isto irá propiciar a formação dos flocos no floculador para posterior sedimentação nos decantadores (figura 3).

Entre o Salto Hidráulico e os filtros da ETA Niterói pode ser aplicado o cloro; processo denominado pré-cloração. Desse modo é importante que qualquer sistema gerador de energia elétrica a ser instalado na Calha Parshall, seja protegido contra a corrosão e outras patologias inerentes ao processo, uma vez que o desprendimento de gases no local provocará muitos danos a qualquer metal desprotegido (CETESB, 2001; CORSAN, 2010).



**Figura 2 - Deslocamento de Massa na Calha Parshall**

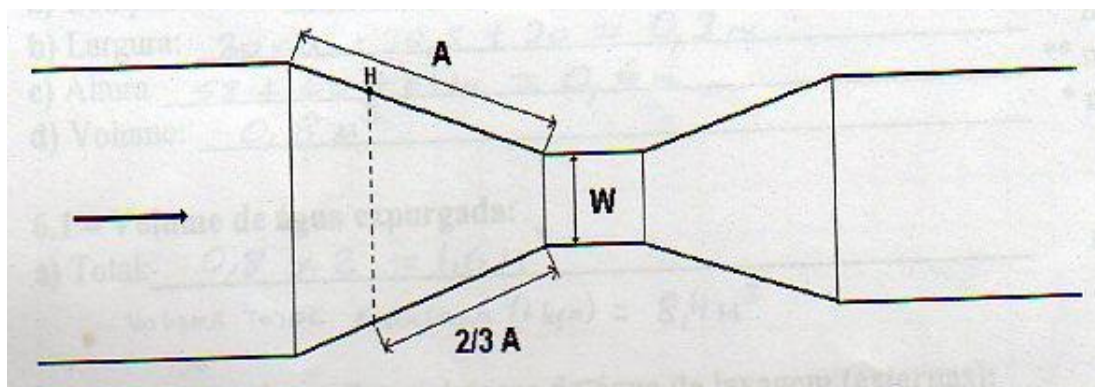


**Figura 3 - Calha Parshall, Flocculador e Decantador da ETA Niterói**

## **5. METODOLOGIA APLICADA**

A vazão na ETA Niterói, além de ser determinada pela Calha Parshall, a partir da altura da lâmina d'água pontual e da largura da garganta da unidade, é determinada por sensores ultrassônicos que quantificam de maneira bastante confiável a vazão dessa ETA. A figura 4 mostra um croqui de como funciona a Calha Parshall de maneira geral.





**Figura 4 - Croqui da Calha Parshall**

Fonte: NETTO, 1987.

Desse modo, a metodologia a ser aplicada na determinação da possibilidade da geração de energia elétrica, a partir de uma Microcentral Hidroelétrica instalada, baseia-se em medições de campo e cálculo do potencial hidroelétrico disponível (FARRET, 1999). A seguir, as equações e teoremas que foram utilizados para ser aplicado em geração monofásica para efeitos teóricos de avaliação estimada comparativa.

As equações 1 e 2 mostram de que forma são determinadas as vazões da ETA (NETTO, 1987).

**Equação 1 – Equação da Continuidade**

$$Q = A \cdot V$$

**Equação 2 – Fórmula Aproximada para Medidores Parshall**

$$Q = 2,2xWx\sqrt{H^3}$$

Onde:

Q = vazão instantânea (l/s);

W = largura da garganta (m);

H = altura da lâmina de água (m);

A = área da seção transversal (m<sup>2</sup>);

A = aresta lateral da calha (m);

V = velocidade da massa líquida (m/s).

A equação 3 demonstra outra forma de determinar vazões (NETTO ET AL., 2002).

**Equação 3** – Teorema de Bernoulli

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + h = \frac{P}{\gamma Q}$$

Onde:

v = velocidade de escoamento em metros por segundo;

g = 9,81 m por segundo;

p = pressão da água em quilogramas-força/metro quadrado (considera-se a mesma pressão atmosférica na entrada e na saída);

h = altura da água em metros;

P = potência em quilograma-metro por segundo (1cv = 75 kgm/s = 736 Watts);

$\gamma$  = densidade da água em quilogramas por metro cúbico (1.000,00 kg/m<sup>3</sup>).

As equações 4 e 5 mostram de que forma são determinadas a potência efetiva e a corrente elétrica (REIS, 2011).

**Equação 4** – Fórmula da Potência Efetiva da Roda de Alcatruzes (REIS, 2011)

$$P_e = \eta \times \gamma \times Q \times H_m$$

Onde:

$\eta$  = rendimento (valor prático = 0,60);

$H_m$  = altura entre a crista do filete de água no canal de entrada e a do canal de saída.

**Equação 5** – Fórmula para Determinação da Corrente Efetiva (REIS, 2011)

$$P_e = V \times I_e \quad \text{ou:} \quad I_e = P_e / V$$

Onde:

$P_e$  = potência efetiva;

V = tensão utilizada (220 v);

$I_e$  = corrente efetiva.

## 6. MEMÓRIA DE CÁLCULO E RESULTADOS

Para fins de dimensionamento aproximado da geração de energia elétrica possível, a partir das hipóteses teóricas acima apontadas, abaixo é apresentado uma memória de cálculo desenvolvida com base no aplicativo Excel de uso corrente.

### 6.1 Cálculo da velocidade da água na Calha Parshall

$$Q = A \times V = (0,9 \times 0,4) \times V > 0,900 \text{ m}^3/\text{s} = (0,36 \text{ m}^2) \times V > 0,900 \text{ m}^3/\text{s} / (0,36 \text{ m}^2) = V$$

$$\underline{V = 2,5 \text{ m/s}}$$

### 6.2 Cálculo da vazão (2ª equação)

$$Q = 2,2 \times W \times \sqrt{H^3} = 2,2 \times 0,9 \times 0,46 = 0,911 \text{ m}^3/\text{s} \cong 900 \text{ l/s}$$

$$\underline{Q = 900 \text{ l/s}}$$

A ETA Niterói possui marcador ultrassônico de vazão, o que facilita a identificação instantânea do volume de água afluente à ETA, favorecendo a operacionalidade da hidráulica.

### 6.3 Cálculo da potência efetiva

$$P_e = \eta \times \gamma \times Q \times H_m = 0,6 \times 1000 \times 0,9 \times 1 = 541,8 \text{ kgm/s}$$

$$P_e = 541,8 \text{ kgm/s} = 7,22 \text{ cv} = 5316,86 \text{ W}$$

$$P_e = 5316,86 \text{ w} = 5,32 \text{ kW}$$

$$\underline{P_e = 5,32 \text{ kW}}$$

Considerando apenas por hipótese o fornecimento de energia elétrica para lâmpadas eletrônicas de iluminação externa. Tempo médio de uso da iluminação por dia = 10 horas (período noturno).

Então:

$$P_e = 5,32 \text{ kW} \times 1 \text{ hora} = 5,32 \text{ kW/h}$$

Logo, a energia efetiva necessária para alimentar lâmpadas no tempo considerado (período noturno aproximado) será:

$$E_e = 5,32 \text{ kW/h} \times 10 \text{ h} = 53,2 \text{ kW/d ou } 53,2 \text{ kWh/d}$$

$$\underline{E = 53,2 \text{ kWh/d}}$$

#### 6.4 Cálculo da energia necessária para a iluminação

Potência de 1 Lâmpada = 250 W

Nº de Lâmpadas adotado = 20

Tempo de Uso = 10 horas Então:

$$P_{nec} = 250 \text{ W} \times 20 \times 10 = 50000 \text{ W} = 50 \text{ KW}$$

$$\underline{E_{nec} = 50 \text{ KWh/d}}$$

$$\underline{E_{nec} = 50 \text{ kWh/d}} < \underline{53,2 \text{ kWh/d}} - \underline{\text{OK!}}$$

#### 6.5 Cálculo da corrente elétrica disponível

$$P_e = V \times I_e \text{ ou } I_e = P_e / V = 5316,86 \text{ W} / 220 \text{ v} = 24,2 \text{ A}$$

$$\underline{I_e = 24 \text{ amperes}}$$

#### 6.6 Cálculo do valor mensal economizado

Custo Médio do kWh = R\$ 0,40 (valor do kWh aplicável em média nesta ETA em novembro 2014)

$$\text{Então: } 50 \text{ kWh/d} \times 0,40 = \text{R\$ } 20,00$$

$$\text{Em um período mensal: } \text{R\$ } 20,00 \times 30 \text{ dias} = \text{R\$ } 600,00 / \text{ mês}$$

$$\underline{\text{Economia} = \text{R\$ } 600,00}$$

### 7. CONCLUSÕES

A partir da estimativa de potencial elétrico obtido e, conseqüentemente, da energia proporcionada em tese pelos cálculos realizados, admite-se com certa margem de segurança a geração de energia elétrica suficiente para a alimentação de no mínimo vinte lâmpadas, por exemplo, colocadas no decantador da ETA Niterói. Essa hipótese torna-se ainda mais conveniente devido a proximidade do local de geração, o que leva a uma pequena queda de tensão, mesmo para condutores elétricos de seções usualmente empregadas em instalações elétricas prediais. Cabe referir que, com o advento de novas tecnologias na fabricação de lâmpadas, como as já comercialmente ofertadas “lâmpadas de LED”, o número desses componentes será significativamente aumentados. Ainda, a corrente elétrica calculada também

poderá ser utilizada para alimentar outros tipos de aparelhos elétricos simples, comumente utilizados no apoio às atividades da ETA Niterói.

Segundo Farret (1999) e Leão (2012), a velocidade mínima necessária da massa líquida para a geração de energia elétrica em uma microcentral hidroelétrica é de 1,0 m/s. Assim, a disponibilidade de energia cinética existente na Calha Parshall da ETA Niterói é compatível com a de uma microcentral hidroelétrica.

A Estação de Tratamento de Água Niterói gasta por mês o equivalente a R\$ 140.000,00 com energia elétrica. Contudo, a instalação de novos equipamentos vem diminuindo este custo dentro da ETA. Também, o exemplo proposto neste trabalho, por menor que seja, representa boa economia quando inserida no contexto geral da hidráulica de Canoas. Cabe salientar que os últimos aumentos no custo de geração e distribuição de energia elétrica não foram contemplados e atualizados no cálculo deste estudo.

Do ponto de vista da conservação e economia de energia, esta é uma entre muitas propostas que poderiam ser utilizadas e sugeridas, ao lado de outras que a empresa deverá ter sempre em mente, tais como: substituição ao longo do tempo das bombas por equipamentos de alto rendimento, emprego de tubulações com maiores seções, detecção e eliminação das perdas do sistema, desativação de instalações com pouca ou nenhuma utilização, ao lado das providências para a redução do consumo efetivo de energia elétrica (correção do fator de potência, escalonamento do uso das máquinas para a melhoria do fator de carga das instalações, uso de inversores de frequência, etc.), bem como operacionais (aumento do controle central remoto dos equipamentos, ampliação da automação do sistema de abastecimento, implantação de rotinas eficazes para as principais operações diárias, etc.).

Portanto, acredita-se que aprofundando os cálculos iniciados neste trabalho, bem como o emprego de equipamentos modernos e com menores perdas de carga, quando da fabricação de um primeiro protótipo, poderá ser obtido um aumento na disponibilidade de energia elétrica gerada na Calha Parshall da ETA Niterói, que permitirá a realização de um investimento total que possa ser retornado em um prazo economicamente viável que justifique o investimento.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Estações de Tratamento de Água da CORSAN, localizadas na região metropolitana de Porto Alegre, por serem de grande porte, têm, segundo bibliografia técnica consultada (ALVES; SILVA; MARTINEZ, 2009), grande potencial de reaproveitamento do deslocamento da massa líquida em geração de energia elétrica. Analogamente às rodas de alcatruzes, as ETAS possuem uma grande vantagem, pois suas vazões de operação podem ser consideradas bastante constantes, ou seja, variam pouco num intervalo de 24 horas, propiciando, assim, uma boa regulação elétrica para o seu aproveitamento na geração de energia.

Embora a altura da queda d'água não seja o ponto forte do sistema a ser implantado na Calha Parshall, isto é compensado pela velocidade de deslocamento da massa líquida, fato que pode tornar o sistema mais confiável. Além disso, ao invés de utilizar a roda de alcatruzes, bastante primitiva, como motor hidráulico do sistema a ser implantado, podem ser empregadas turbinas tipo KAPLAN, FRANCIS ou PETRON, mais modernas e de alto rendimento, para o acoplamento no gerador, obtendo-se resultados mais expressivos (FARRET, 1999).

Aliando-se às turbinas mais modernas que propiciariam rendimentos superiores àqueles usados nos cálculos (> 60%), o emprego das modernas lâmpadas tipo LED de baixo consumo, espera-se a obtenção de resultados ainda mais expressivos.

Esses fatores viabilizariam ainda mais a singela sugestão apresentada nesse trabalho, que somente terá efetivo resultado a partir de um protótipo a ser desenvolvido como base para estudos posteriores e emprego mais generalizado nas unidades produtivas da CORSAN.

Por fim, analisando os geradores, turbinas e estabilizadores disponíveis no mercado, para a instalação de um primeiro protótipo, estima-se um investimento inicial de até R\$ 8.000,00. Desse modo, a amortização apenas do valor principal do custo de implantação com os equipamentos pode ser estimada em pouco mais de um ano, considerando-se a geração de energia elétrica por 10 horas diárias.

## REFERÊNCIAS

ALVES, D. D. S.; SILVA, S. R.; MARTINEZ, C. B. *Micro Central Hidroelétrica com BFT: Energia Renovável para o Abastecimento Rural*. In: The 8 th Latin-American Congress on Electricity Generation Transmission, 2009, Ubatuba -SP. p. 1 - 6.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo*. São Paulo. CETESB. 2001a.

\_\_\_\_\_. *Inventário de resíduos sólidos domiciliares 2000*. Relatório Síntese. São Paulo. CETESB. 2001b.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. *Relatório de número de economias e ligações ativas da Unidade de Saneamento de Canoas - Cognos*. Canoas, acesso em 23 de jan. 2013.

\_\_\_\_\_. *Manual do Curso Básico de Tratamento de Água e Esgoto*. Porto Alegre, 2010.

FAINZILBER, A. *Energia Elétrica*. Biblioteca Educação é cultura – Rio de Janeiro: Bloch; Brasília: Ministério da Educação e Cultura; Ministério das Minas e Energia, 1980.

FARRET, F. A. *Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999.

GUITARRA, G. B. *Estimativa de vazão para implantação de micro-centrais hidrelétricas com utilização do SIG*. 2012. 44p. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Elétrica com ênfase em energia e de sistemas de automação. Escola de Engenharia Elétrica de São Carlos. São Carlos/SP, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: População. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codigo=430460>>. Acesso em 01 de mai. de 2013.

LEAL, G. S. G. *et al. O Processo de Industrialização e seus Impactos no Meio Ambiente Urbano*. QUALIT@S Revista Eletrônica. ISSN 1677-4280. v.7, n.1, 2008.

LEÃO, F. R. Dimensionamento de uma pequena barragem de terra para produção d energia hidrelétrica e irrigação em uma propriedade rural. 2012. 110p. Monografia apresentada para título de bacharel em Engenharia Agrícola. Anápolis/GO, 2012.

NETTO A., J. M. *Filtros de Fluxo Ascendente in Técnica de Abastecimento e Tratamento de água*. São Paulo: Editora CETESB, vol. 2, 2ª ed., 1987

NETTO A., J. M. *et al. Manual de Hidráulica*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 8 ed., 2002.

REIS, L. B. *Geração de Energia Elétrica*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2011.

SANT'ANA, R. F.. *Aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte: avaliação de custos e benefícios*. Brasília: DNAEE, 1987.

SANTOS, A. et al. *Centrais hidro e termelétricas*. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.