

CÁLCULO DE POTENCIAL HIDROELÉTRICO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM SIDERÓPOLIS-SC

João Pedro B Nuernberg (1); Jaison Araujo Speck (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) joapnuernberg@outlook.com (2) jspeck@casan.com.br

RESUMO: A escassez de recursos naturais, com o aumento da demanda da utilização de energia elétrica e busca por sustentabilidade e inovação, motiva a busca de outros meios de geração, tornando assim a microgeração como uma opção de baixo investimento e considerável resultado para solucionar tal demanda latente no Brasil. Esse estudo visa a utilização de um potencial energético disponível em uma rede de distribuição de água, com carga piezométrica potencial disponível, revelando assim uma queda suficiente para utilização de tal potencial para o funcionamento de uma turbina que gerará energia elétrica. O sistema de abastecimento da cidade de Siderópolis, Santa Catarina, apresenta um desnível geométrico elevado em seu relevo, sendo assim, ao longo de sua rede, foram identificados dois pontos em potencial para o estudo do caso, que demonstraram resultados satisfatórios quando comparado o investimento, o potencial e o retorno que o projeto possibilitou, garantindo rentabilidade se aplicado.

Palavras-chave: Microgeração de energia; rede de distribuição de água e sustentabilidade, Potencial Hidroelétrico.

1. INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, a procura por novas alternativas de produção e geração de energia tornou-se um dos principais campos de estudo e aplicação, estudos estes de meios economicamente viáveis, com aplicação em fontes onde a disponibilidade de recursos seja ilimitada e sem custos, visando métodos inovadores. A geração em pequena escala é uma opção para recursos hídricos em abundância, porém esbarra em aspectos técnicos e econômicos, dificultando a implantação destas novas fontes energéticas. (LIMA, 2013)

Simultaneamente a disponibilidade de recursos para esse tipo de geração, amplia a viabilidade quando a fonte de energia é desperdiçada sem nenhum aproveitamento, podendo, deste modo, ser utilizada com eficiência e sem custo. Elementos de armazenamento de água bruta e suas redes de distribuição oferecem em alguns casos específicos, material em que é direcionado esse estudo, com perfeitas possibilidades de implantações de microgeradoras de energia elétrica, porém a

viabilidade econômica e a qualidade da geração da energia elétrica ainda são pouco conhecidas. (LIMA, 2013)

O processo de retirada da água do seu meio natural com finalidade de uso em unidades domésticas, serviços públicos e indústrias, são ordenados de processos típicos do conjunto de obras e serviços. Sendo estes constituídos geralmente de unidades básicas, tais como: captação, adução, estação de tratamento, reservatórios, redes de distribuição e ligações domiciliares, e em alguns casos, estações elevatórias e outros reservatórios de quebra de pressão. (TSUTIYA, 2013)

Em situações que são utilizadas estações elevatórias ocorre a necessidade de projetar água até cotas maiores, para que atinjam a pressão desejada, conforme determina a NBR 12218:1994 em que “A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa”. Devido a esse fator são utilizadas bombas motores, assim um dos principais consumos de energia elétrica no sistema de abastecimento de água é proveniente da estação elevatória.

Em contra partida, onde os reservatórios de armazenamento encontram-se muito acima do local de distribuição e ultrapassa a pressão máxima estipulada, há necessidade da redução de pressão, os métodos utilizados são válvulas redutoras de pressão (VRP) e caixa de quebra de pressão.

Em locais onde há caixa de quebra de pressão, torna-se possível à instalação de BFT's (bomba funcionando como turbina), ou turbinas geradoras de energia, que transformam energia mecânica dissipada em energia elétrica. As BFT's são uma alternativa de energia limpa e sustentável, uma vez que a matéria prima proveniente é o fluido canalizado nas adutoras, ainda sem contar o custo, que é matéria prima sem aproveitamento. (LIMA, 2013)

Algumas fontes de energias sustentáveis dependem de aspectos climáticos ligados ao ambiente como, por exemplo, em uma usina eólica, mesmo com estudos, há o risco de ao longo dos anos as características não atenderem o que foi projetado, pelo fator de depender do meio ambiente e suas modificações. Já em uma tubulação o fluxo é direcionado e constante, assim a energia mecânica é dissipada sem aproveitamento.

A geração distribuída constitui-se num desafio técnico à distribuidora de energia, já que a conexão destes agentes, cada vez mais numerosos, não pode ocasionar

prejuízos à operação do sistema, nem comprometer a segurança de pessoas e instalações, e deve-se manter a qualidade da energia ao mercado consumidor (CELESC, 2016)

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo calcular a demanda de microgeração de energia por gravidade, com a turbina funcionando nas entradas de caixa de redução de pressão ou em válvulas redutoras de pressão, locais onde a dissipação de pressão será realizada, afim de regulamentar a pressão que seguirá na tubulação, bem como realizar um estudo de viabilidade econômica para instalação da mesma.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM SIDERÓPOLIS

O sistema integrado de abastecimento da grande Criciúma é o responsável por toda captação e distribuição de água tratada na região sul de Santa Catarina, envolvendo seis municípios integrados, sendo que a água bruta é armazenada e captada na barragem do rio São Bento, em Siderópolis. A seguir da captação, a água bruta segue para a estação de tratamento de água na cidade de Criciúma, onde passa a ser potável antes de ser encaminhada para a distribuição nas cidades integradas. Esse sistema de captação, tratamento e distribuição são interligados por adutoras, nas quais a maioria transporta água por gravidade, por estarem localizadas em cotas piezométricas superiores.

Em determinados pontos do sistema de distribuição, a sua cota é muito elevada, fazendo com que a água não atinja pressões suficientes para o atendimento nas unidades consumidoras ou muitas vezes não conseguindo chegar ao ponto de distribuição, necessitando nesse caso de aplicação de energia (bombeamento) para a garantia de distribuição. Em situações opostas, são os casos em que o ponto de distribuição (ETA, reservatório ou adutora) localizam-se em pontos muito elevados (cota piezométrica) fazendo com que a pressão em sua rede de distribuição seja superior em relação a pressão regulamentada para a distribuição. Diante disso há necessidade de reduzir essa pressão, para atingir níveis adequados e regulamentados para a sua distribuição. O fluido transportado nessas adutoras

ocasionam a criação de energia cinética e energia de pressão, capazes de ativar o funcionamento do equipamento que transforma em energia mecânica necessária transformação de energia elétrica. (BARRETO, 2017)

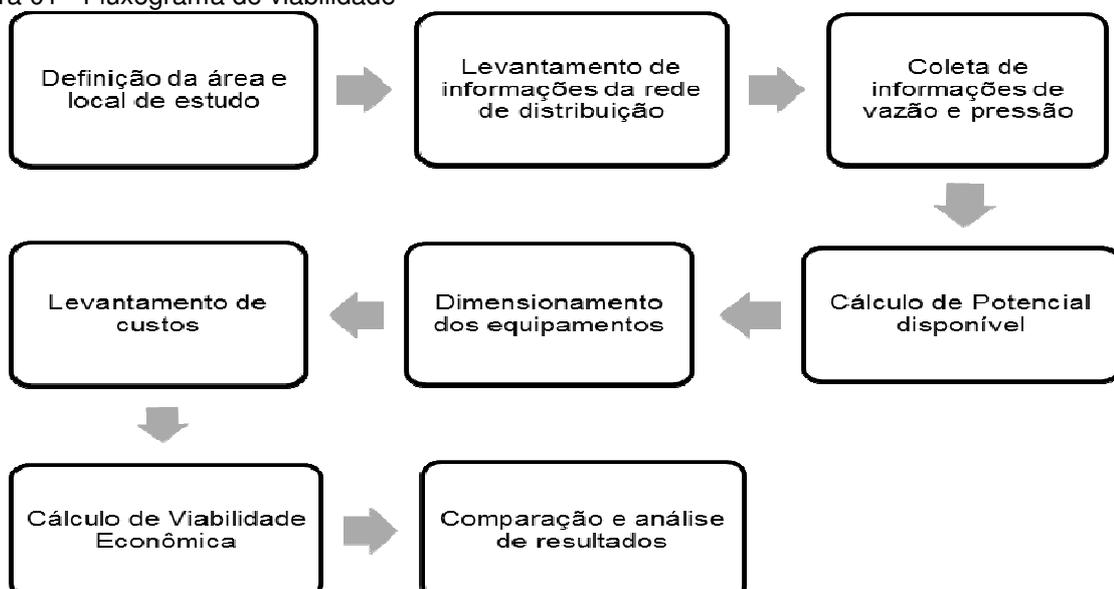
Existem tipos de adutoras, que transportam a água por gravidade, que utilizando o potencial piezométrico (diferença de níveis) para a realização de distribuição de água, já as adutoras por recalque são aquelas em que é gerado um bombeamento para que a água consiga suprir a demanda bem como atender a pressão mínima exigida para o seu abastecimento.

Diante de algumas variações de níveis na distribuição de água, principalmente em localidades onde o terreno tem relevo acidentado, podem gerar pressões elevadas nas adutoras, que em determinados casos devem ser reduzidas, neste caso surgem pontos em potencial para a microgeração de energia elétrica.

2.2 DIRETRIZES DE MÉTODOS

Para a determinação da viabilidade desse estudo, algumas considerações importantes devem ser atendidas, tais como: a utilização do potencial energético sem afetar diretamente na perda de pressão, o que acarretaria em um prejuízo na distribuição de água. Desta forma, a fim de criar diretrizes para este projeto, foi criado um fluxograma (Figura 01) para demonstrar caminhos a serem seguidos.

Figura 01 - Fluxograma de viabilidade



Fonte: Do autor, 2017.

2.3 CAIXA DE QUEBRA DE PRESSÃO

O controle de pressão em uma rede de distribuição, quando há necessidade de quebra (redução), é feita por dois tipos de mecanismos: o primeiro chamado de VPR (válvula redutora de pressão), que consiste em fechar a válvula através do acionamento de um dispositivo de controle quando a pressão de jusante for elevada, regulando a perda de carga e reduzindo a pressão desejada. Já o outro mecanismo consiste em dois reservatórios acoplados, sendo que um recebe a vazante com pressão anterior, onde há a quebra da pressão, e ao encher, verte para o outro reservatório que segue a distribuição com a pressão desejada.

A nova pressão será determinada pela cota de localização da válvula ou da caixa, ainda que a pressão é determinada por cada metro de altura, levando em consideração a pressão atmosférica a pressão é representada em mca (metro por coluna de água). Por fim, os mecanismos de redução tendem a regular as pressões, com variação máxima de 500 kPa e mínima de 100 kPa (50 mca á 10 mca).

2.4 DADOS DA ADUTORA

Adutora é a estrutura de transporte de uma rede de distribuição de água, no qual sua função é deslocar o fluido através do canal fechado até o seu destino, seja para, tratamento, reservatório ou distribuição. As adutoras podem ser classificadas em três tipos de canalizações: a adutora por gravidade, adutora por gravidade em conduto fechado e adutora por recalque.

- **Adutora por gravidade:** Adutora por gravidade quando a reserva de montante apresenta cota mais alta em relação á outros pontos de coleta, assim o fluido é transportado pela a ação da gravidade. Deste modo a pressão exercida na tubulação é pressão= pressão atmosférica.
- **Adutora por gravidade em conduto fechado:** Denomina-se adução de conduto forçado, as tubulações onde o líquido esco a sob uma pressão diferente da atmosférica, pressão maior que a atmosférica. As seções desses condutos são sempre fechadas e o líquido esco a enchendo-as totalmente, normalmente são seções circulares.

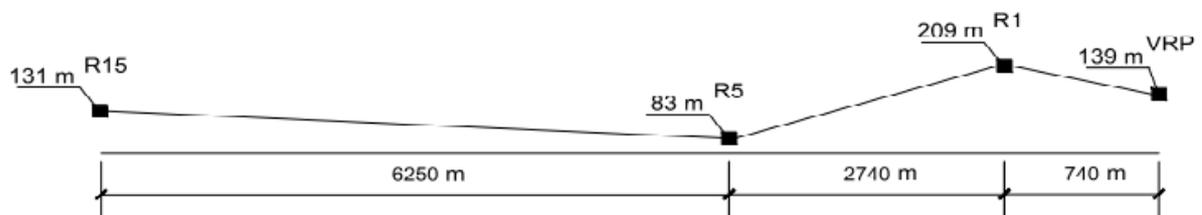
- **Adutora por recalque:** As adutoras por recalque são definidas por elevarem a água de um ponto mais baixo (cota inferior) até um ponto em situação mais elevada (cota superior), a adução é feita utilizando estações elevatórias, que impulsionam a água através do conduto até o ponto de chegada, sendo assim a pressão necessária deve ser maior que a pressão atmosférica.

2.4.1 Características da adutora

Na adução analisada por este estudo é utilizado tubo de PVC DEFoFo, fabricados de PVC (Policloreto de vinila) rígido, chamado assim por possuírem diâmetros equivalente ao de ferro fundido, ou seja, é semelhante as características de encaixe, do diâmetro externo de uma tubulação de Ferro Fundido FoFo, compreende diâmetros de 100 cm á 500 cm e é concebido numa classe única de pressão de 100 mca ou 1000 kPa.

A adutora possui uma extensão de 9.730 metros, e uma extensão entre os reservatórios R-15 e R5 de 6.250 metros, entre R5-R1 de 2.740 metros, e do R1 a Siderópolis de 740 metros. E sendo os níveis em relação ao mar, reservatório R15 na cota 131m, reservatório R5 na cota 83 m, reservatório R1 na cota 209 m e a VRP na cota 139 m. Na Figura 02 são reproduzidas as distâncias e cotas entre os pontos analisados, enquanto que na Figura 03 pode-se observar os reservatórios e a VRP.

Figura 02 – Croqui de localização



Fonte: Do autor, 2017

Figura 03 – (a) Reservatório R15, (b) Reservatório R5, (c) Reservatório R1 e (d) VPR



Fonte:Do Autor, 2017.

2.4.2 Vazão da Adutora

Para o cálculo da vazão da adutora será utilizada a fórmula demonstrada na Equação 1, em o volume é dado em m³ e o tempo em segundos. Cabe ressaltar que a adutora deste estudo trabalha com um volume médio mensal de 85.000 m³.

$$Q = V / t \quad (1)$$

Onde:

Q: Vazão (m³/t)

V: Volume (m³)

t: Tempo (s)

2.4.3 Potencial Hidroelétrico

O potencial hidrelétrico de uma CGH (Central Geradora Hidrelétrica) é a capacidade de aproveitamento de energia para a transformação, sendo determinada por variáveis de medição de queda d' água e vazão, considerando ainda rendimento e perdas de tubulações e geradores.

$$P_e = g \times Q \times H_b \times \eta_t \times \eta_g \text{ [kW]} \quad (2)$$

Onde:

g: Corresponde à aceleração gravitacional. (9,81 m/s²);

Q: É a vazão estipulada permanente (m³/s);

H_b: Altura Geométrica (m);

η_t: Corresponde à eficiência hidráulica da turbina (%); e

η_g: Corresponde ao rendimento do gerador (%).

Desta forma, de acordo com a ELETROBRAS *apud* GUITARRARA (2012, p.21) que “supõe máquinas com rendimento de aproximadamente 77% para turbina e de 95% para o gerador, e utiliza a seguinte fórmula de potência a ser instalada em um aproveitamento de pequeno porte”, desta forma a Equação (3) torna-se uma simplificação da Equação (2) por considerar as perdas de cargas nas tubulações da turbina e eficiência da unidade geradora, ajustando assim de modo simplificado a potência a ser calculada.

$$P_e = 7,16 \times Q \times H_b \text{ [kW]} \quad (3)$$

Onde:

Q: É a vazão estipulada permanente (m³/s).

H_b: Altura Geométrica (m).

2.4.4 Altura Geométrica

Uma adutora por gravidade, que compreende dois reservatórios mantidos em níveis constantes, com características para desprezar perdas de cargas, com comprimento (L), diâmetro (D) e sem alteração do material da tubulação, mantendo sua velocidade baixa, terá sua carga cinética com valor muito baixo, tornando-a desprezível, coincidindo assim as linhas de carga e piezométrica.

Segundo Tsuiyta (2013, p.164)

“A adutora encontra-se na sua totalidade abaixo da linha de carga efetiva (linha piezométrica efetiva), de modo que as seções da adutora estão submetidas a uma carga de pressão positiva. Nesta condição a perda de carga total é igual ao desnível geométrico correspondente á diferença de cotas das superfícies livres dos reservatórios.”

Neste trabalho, foi levantado que no trecho onde está localizado o primeiro ponto em potencial, apresenta seu nível de saída no reservatório R15, a cota 131 m e chega ao reservatório R-5, na cota 83 m, totalizando um desnível de 48 m. No trecho analisado subsequente, com o segundo ponto em potencial, parte do reservatório R1, com nível na cota 209 m, e alcança a VRP, 70 metros abaixo, já na cota 139 m.

2.5 TURBINA GERADORA DE ENERGIA

Turbina é uma maquina rotativa que converte em energia mecânica a energia de pressão e cinética de um fluxo água. Essa energia mecânica é transferida através de um eixo movimentado pela ação da água em sua corrente.

2.5.1 Modelos de turbinas

No cenário de microgeração, os modelos mais típicos de turbinas podem ser citados: Turbina Pelton, Francis, Kaplan e Fluxo cruzado. Sua classificação consiste em avaliar a vazão, altura equivalente em metros, e potência mecânica em kW.

Abaixo seguem as características das principais turbinas utilizadas.

- **Turbina Pelton:** Foi criada em 1980, por Allan Lester Pelton, é constituída por uma roda de pás em formas de conchas. Segundo JUNIOR, 2000 “neste tipo de turbina o torque é gerado pela a ação de um jato livre sobre a dupla concha do rotor.

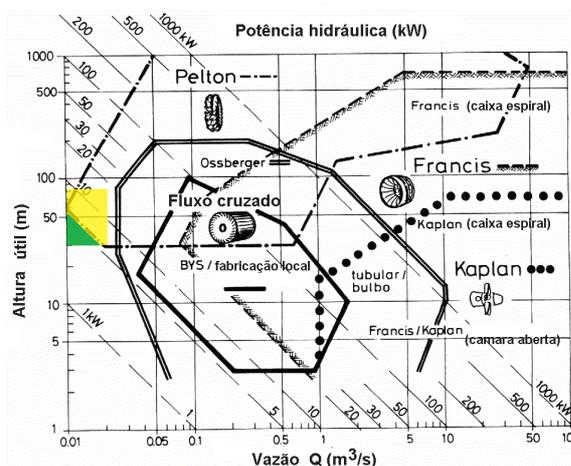
Por essa razão a turbina Pelton também é chamada “turbina de jato livre”, podem ser implantadas no sentido vertical ou horizontal, sua operação compreende quedas de (100 m á 2000 m) e para micro aplicações podem operar até com uma queda inferior á 20 m e vazões 20 a 1000 l/s.

- **Turbina Francis:** Segundo ALVES, 2012 “considerada uma turbina de reação, funciona com uma diferença de pressão entre os dois lados do rotor. Em operação, a água entra no rotor pela periferia, após passar através das pás diretrizes que conduzem o líquido em um ângulo adequado”, foi criada 1847, por James Bicheno Francis, sua capacidade de queda de água varia entre 10 e 200 m e com vazões de 100 l/s a 6000 l/s.
- **Turbina Kaplan:** Seu criador foi o austríaco Victor Kaplan, o fluxo de água tem direção radial no distribuidor, aproximadamente axial na entrada do rotor, suas turbinas utilizam formas de hélice, porém na qual as pás têm passo regulável no funcionamento, o que atribui um custo elevado. As quedas de água da turbina são possíveis até 60 m e sua vazões variam entre 300 l/s e 1000 l/s.

Segundo HACKER, 2012 “o modelo mais adequado para cada instalação, leva em conta também os fatores de queda, vazão e velocidade de rotação e pode-se montar um gráfico com o campo típico de aplicação para cada turbina”.

O modelo gráfico que contempla as características do estudo é revelado por CHALAPALAZ e indica a turbina mais eficiente para cada situação, tal gráfico pode ser visto na Figura 04.

Figura 04 – Modelo de CHALAPALAZ

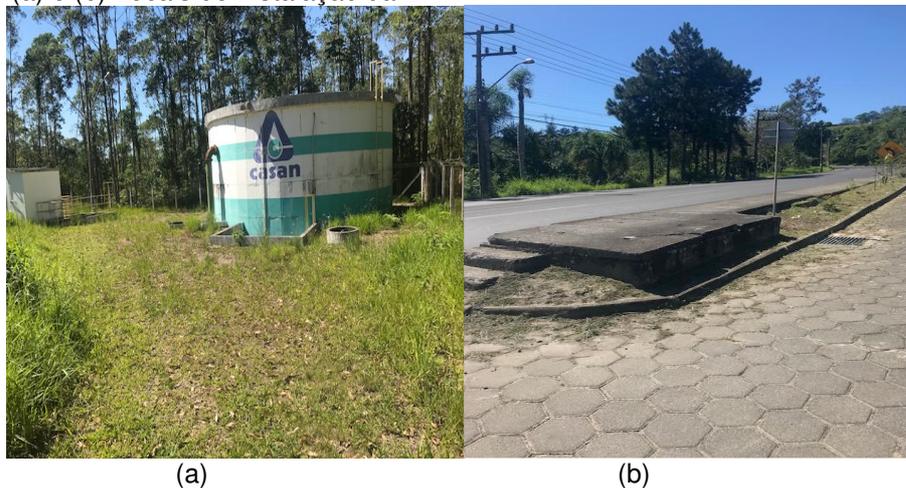


Fonte: CHALAPALAZ et al, 1992

2.5.2 Local de Instalações da turbinas geradoras ou BFTs

Nos locais possíveis de instalações dos equipamentos deve conter espaço suficiente para a construção de uma edificação de abrigo do equipamento. Nos pontos analisados nesse estudo o pontos estão afastados do meio urbano e possuem espaço suficiente para garantir que a realização do projeto. No reservatório R5 a área disponível é cerca de 225 m² (15 m x 15 m) e no segundo ponto em potencial onde localiza-se a VPR o espaço disponível de posse da CASAN é de 30 m² (3 m x 10 m), na Figura 05 é possível visualizar os locais de instalação.

Figuras 05 – (a) e (b) Locais de Instalação da BFT.



Fonte: Do autor, 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CÁLCULO DA VAZÃO

Conforme visto no item 2.4.5, o cálculo da vazão se dá pela divisão do volume de água escoado em m³ pelo tempo em segundos. Logo, utilizando-se da Equação 1, para a adutora em questão, considerando um volume mensal de 85.000 m³ e o tempo de 30 dias – fazendo-se necessário a transformação do tempo de um mês para segundo , temos uma vazão de:

$$V: 85.000 \text{ m}^3 \quad t: 30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ segundos} = 2.592.000,00 \text{ s}$$

$$Q: V/t$$

$$Q: 85.000,00/ 2.592.000.00$$

$$\mathbf{Q: 0,033 \text{ m}^3/\text{s}}$$

3.2 CÁLCULO DE POTENCIAL HIDROELÉTRICO

Conforme indicado, foram calculados dois pontos para a geração de energia elétrica, o primeiro no trecho que liga os reservatórios R15 ao R5, no qual há um desnível de 48 m, e o segundo ponto estimado é na ligação do R1 ao VRP que apresenta o desnível de 70 m. Deste modo considerando a vazão média ao longos dos dois trechos sendo Q: 0,033 m³/s, aplica-se a equação (3):

$$Pe: 7,16 \times Q \times Hb \text{ [kW]}$$

Sendo:

- Primeiro trecho Potencial:

$$Pe: 7,16 \times 0,033 \text{ m}^3/\text{s} \times 48 \text{ m [kW]}$$

$$Pe: 11,34 \text{ KW}$$

- Segundo Trecho Potencial:

$$Pe: 7,16 \times 0,033 \text{ m}^3/\text{s} \times 70 \text{ m [kW]}$$

$$Pe: 16,54 \text{ KW}$$

3.3 ESCOLHA DA TURBINA GERADORA DE ENERGIA

A escolha de qual modelo de turbina é a ideal para a instalação, é definida a partir do gráfico de CHAPALAZ (1992), que analisa a Altura geométrica (Desnível Geométrico do terreno) em m e a vazão em m³/s. Deste modo, para o presente estudo, a turbina mais adequada é a Pelton, a escolha definiu-se por considerar as alturas de quedas de 70 m e 40 m e vazão média de 0,033 m³/s dentro das características da turbina e por se tratar de uma turbina de jato livre não interrompe no fluxo da água da distribuição. Na Figura 06 mostra um exemplo do gerador escolhido.

Figura 06 – Turbina Pelton.



Fonte: <http://www.gopracticals.com/civil/hydraulics/efficiency-pelton-wheel-turbine>

3.4 LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE INSTALAÇÃO

Após a determinação de qual modelo de turbina á ser utilizado (Pelton), a próxima etapa á ser realizada é o levantamento de custos de instalação dos equipamentos, utilizando-se do orçamento realizado por Severo (2017) no município de Orleans devidamente atualizado, seguindo o reajuste da inflação do período (05/2017 á 11/2017), onde foi possível chegar ao custo para o sistema de Siderópolis, conforme a Tabela 01.

Tabela 01 – Custo de instalação do mecanismo

Item	Equipamentos	Equipamentos
1	Turbina Pelton 20 kVA	Turbina Pelton 20 kVA
2	Gerador p/ Turbina 20 kVA	Gerador p/ Turbina 20 kVA
3	Transformador Elevador 038/13,8kVA - 30 kVA	Transformador Elevador 038/13,8kVA - 30 kVA
4	Medição com medidor bidirecional	Medição com medidor bidirecional
5	Tubulação DeFoFo 250 mm	Tubulação DeFoFo 250 mm
6	Instalação elétrica com a rede	Instalação elétrica com a rede
7	Poste DT 600dan	Poste DT 600dan
8	Circuito de Interligação	Circuito de Interligação
9	Casa de Alvenaria	Casa de Alvenaria
10	Mão de Obra	Mão de Obra
Total do Orcamento Sistema Orleans:		Total do Orcamento Sistema Sideropolis corrigindo inflação:
R\$: 62.800,00		R\$: 65.060,80

Fonte: Do autor, 2017.

3.4.1 By Pass

Além das considerações com os custos de execução do gerador, outro ponto a destacar é a medida para realizar manutenções ou intervenções quando necessário no gerador. Para a solução observou-se que haveria a necessidade de instalação de uma By Pass, um desvio do trajeto, que tem objetivo retirar o fluxo antes um ponto de utilização e através de um canal paralelo, conduzir pra um ponto adiante, assim possibilitando a manutenção do equipamento. Abaixo, na Tabela 02, segue o orçamento para instalação do By Pass.

Tabela 02 – Orçamento By Pass

Item	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO	PREÇO TOTAL
1	TEE DeFoFo \varnothing 250 mm F.F	4	R\$ 2.622,00	R\$ 10.488,00
2	TOCO DeFoFo \varnothing 250 mm - 0,5 m F.F	2	R\$ 1.732,00	R\$ 3.464,00
3	Curva 90° DeFoFo \varnothing 250 mm F.F	4	R\$ 3.742,00	R\$ 14.968,00
4	Registro DeFoFo \varnothing 250 mm F.F	2	R\$ 2.197,00	R\$ 4.394,00
5	Barra DeFoFo \varnothing 250 mm F.F	2	R\$ 1.735,00	R\$ 3.470,00
			Total	R\$ 36.784,00

Fonte: Do Autor, 2017.

3.4.2 Custo total de Instalação

Por se tratar de um sistema com dois pontos em potencial, devem ser considerados dois sistemas de microgeração, ou seja, serão necessários dois sistemas de geradores e dois By Pass, para a manutenção. Na Tabela 03 podem-se observar os valores unitários dos componentes e o valor total para a instalação do sistema.

Tabela 03 – Custo total de Instalação

Item	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO	PREÇO TOTAL
1	Instalação Sistema Turbina Pelton	2	R\$ 65.060,80	R\$ 130.121,60
2	Instalação By Pass	2	R\$ 36.784,00	R\$ 73.568,00
Total		4		R\$: 203.689,60

Fonte: Do Autor, 2017.

3.4.3 Manutenção

A manutenção do conjunto é de extrema importância para garantir o funcionamento durante toda sua vida útil, o valor estimado para manter o funcionamento ideal do equipamento foi definido por seu fornecedor indicado por SEVERO (2017, p.49), o custo de manutenção anual do equipamento é de R\$ 7.200,00, assim se dividirmos em período mensal é estimado em R\$ 600,00.

3.5 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Ao definir o potencial elétrico de geração, avaliam-se as possibilidades de utilização dessa energia gerada, que resulta em duas opções:

- 1ª Opção: A energia gerada pelo sistema pode ser utilizada no próprio funcionamento, já que ao longo da rede há uma estação elevatória, porém em caso de falhas e paradas do gerador, o abastecimento e efetividade da estação estará comprometida.
- 2ª Opção: Vender a geração de eletricidade para a concessionária local (CELESC), beneficiando-se dos projetos de incentivos à microgeração, logo haverá um abatimento de valor, por considerar o consumo da estação elevatória. Deste modo, a resolução homologatória Nº 2.286 de 15 de agosto de 2017, indica que o custo por kW/h é de R\$ 0,39, por se tratar de uma empresa de Água, Esgoto e Saneamento, e se encaixar no grupo B3 da classificação da CELESC, porém a agência está operando em bandeira vermelha devido a um período delicado para a geração energética no país, e a vigência no presente momento é o custo de R\$ 0,46 por kW/h, ressaltando ainda mais a vantagem da aplicação da microgeração.

Assim, com o levantamento de produção de geração de energia, é possível calcular o valor do rendimento especulado pelo estudo, tal resultado pode ser mais bem observado na Tabela 04.

Tabela 04 – Cálculo de Lucro de Geração

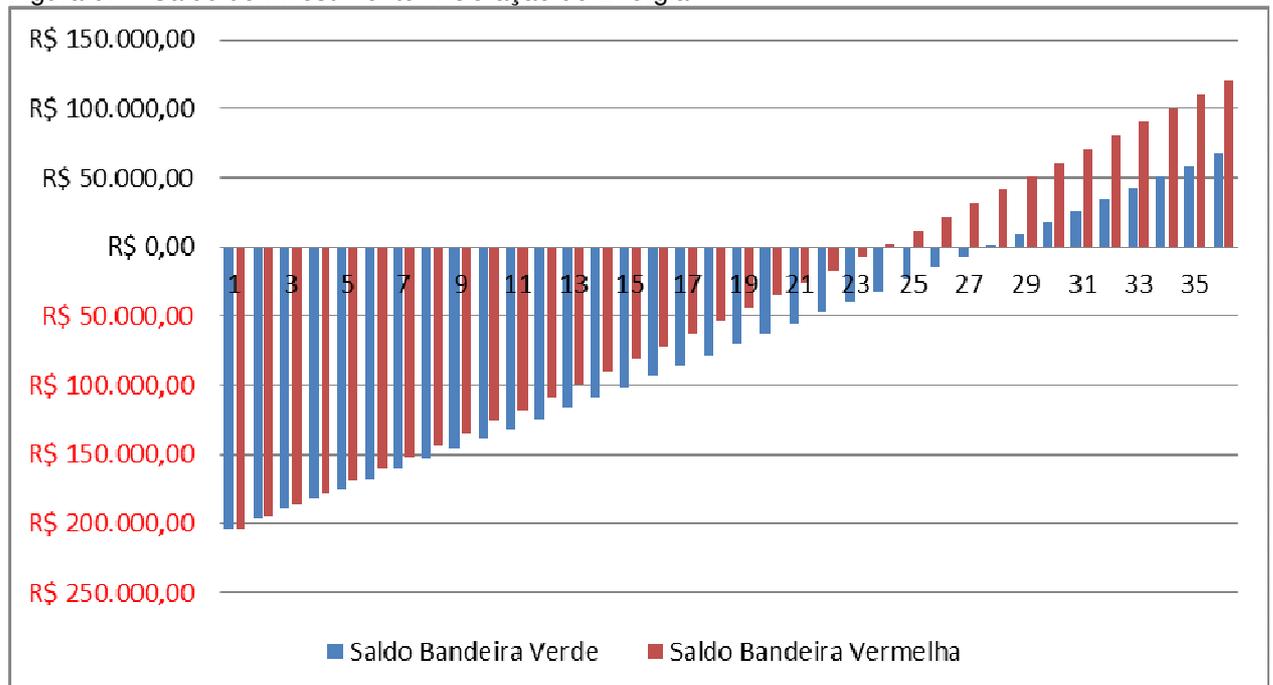
	Geração Diária (kW/h)	Custo de kW/h em Bandeira Verde	Resultado Gerado por Hora	Resultado Gerado por Mês	Custo de KW/h em Bandeira Vermelha	Resultado Gerado por Hora	Resultado Gerado Por Mês
Ponto 01	11,34	0,39	R\$ 4,42	R\$ 3.184,27	R\$ 0,46	R\$ 5,22	R\$ 3.758,40
Ponto 02	16,54	0,39	R\$ 6,45	R\$ 4.644,43	R\$ 0,46	R\$ 7,61	R\$ 5.479,20
Total	27,88			R\$ 7.828,70			R\$ 9.237,60

Fonte: Do Autor, 2017.

3.5.1 Tempo de retorno financeiro

Após o levantamento total á ser investido para a produção do sistema, a capacidade de geração e a possibilidade de ganhos, é compatível realizar um comparativo de qual o período é suficiente para o retorno financeiro que foi aplicado, também foram considerados os reajustes previstos baseando-se na média de inflação acumulada anual dos últimos 10 anos segundo o IPCA, 2017. Na Tabela 05 observa-se á quantidade de tempo e na Figura 08 a comparação dos resultados:

Figura 07 – Saldo do Investimento X Geração de Energia



Fonte: Do autor, 2017.

Conforme visto na Figura 07 o tempo necessário para retorno do investimento realizado no sistema de microgeração de energia será de 24 meses, no caso de bandeira vermelha, e 37 meses em bandeira verde. Do mesmo modo a Figura 08 traz, de forma mais nítida, o momento em que o mecanismo passa a gerar lucro. Tais resultados demonstram a eficácia e excelente relação custo/benefício do sistema, evidenciando a relevância do presente estudo.

4. CONCLUSÕES

Ao término deste trabalho podem-se concluir os seguintes aspectos sobre a instalação do sistema de microgeração de energia na cidade de Siderópolis:

Conforme comprovado, sua aplicação é tecnicamente viável, uma vez que o estudo foi realizado em uma rede de adução já existente, e os pontos analisados encontram-se afastados da cidade dispondo de espaço livre para instalação e manutenção;

Bem como financeiramente, pois apesar de apresentar um investimento inicial alto de aproximadamente 200 mil reais, o tempo de retorno é relativamente curto, 30 meses, na pior situação com a taxa de cobrança da rede de distribuição de energia elétrica na bandeira verde;

Se considerar o custo operacional de energia elétrica da CASAN, na região sul que consome cerca de 1.308.647kW mensal, pode-se indicar uma economia de 1,54% de abatimento, que seriam desperdiçados.

Fica evidente a importância do presente trabalho e no investimento em pesquisas na área, tendo em vista que a instalação de microgeradores de energia traz benefícios para a rede de abastecimento, já que o sistema trará lucros em longo prazo, para a rede de distribuição de energia elétrica que passa a contar com mais uma fonte de geração de energia, e o principal, para o meio ambiente, uma vez que o mecanismo estudado é uma fonte sustentável de energia.

5. REFERÊNCIAS

SEVERO, Tiago – **Viabilidade Econômica para implantação de Microgeração de Energia em Sistemas de Abastecimento de Água**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade SATC.

ANEEL. **Banco de informações geral**. Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 out 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: NBR 12218**. Rio de Janeiro, 1994.

BARRETO, Magaly- **Turbinas, Motores e Geradores Elétricos**. Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/fisica/electricidade/hidreletricas-turbinas-motores-e-geradores-eletricos>>. Acesso em: 30 out 2017.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA DIRETORIA DE EXPANSÃO – **Especificações Técnicas tubos em PVC DeFoFo**- Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2013/10/PREG%C3%83O-077-2013-ESPECIFICA%C3%87%C3%95ES-T%C3%89CNICAS-Tubo-de-PVC.pdf>>. Acesso em: 30 out 2017.

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO. **SC mais energia**. Programa Catarinense de Energias Limpas. Disponível em: <www.scmaisenergia.sc.gov.br/sds/?p=229>. Acesso em: 15 nov 2016.

IPCA – **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. Disponível em: <<https://br.advfn.com/indicadores/ipca>>. Acesso em: 30 out 2017.

LIMA, Gustavo – **Microgeração em Sistemas de Abastecimento de Água**. 2013. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia.

MELLO, Antônio. **Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e microcentrais hidráulicas**. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br/mellojr/Turbinas%20Hidr%20E1ulicas/CAP%20CDTULO%203REV.htm>>. Acesso em 31 out 2017.

MELLO, Carlos Eduardo – **Adução de Água**. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~carlosetuardo/Aula%205%20Aducao%20n.pdf>>. Acesso em: 30 out 2017.

SILVA, Bruno Leonardo Alves da. **Levantamento do potencial energético e estudo da viabilidade econômica da geração hidroelétrica utilizando a rede pública de distribuição de água: estudo de caso: sistema de abastecimento de água de Pato Branco**. 2012. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

TSUYITA, Milton – **Abastecimento de Água**- 3ª edição – São Paulo –Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, 2006. XIII – 643 p.

TURBINAS hidráulicas. 27 p. Autor desconhecido. Disponível em: <<http://www.dem.feis.unesp.br/intranet/capitulo8.pdf>>. Acesso em 08 nov 2017.