

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA NA BARRAGEM DO RIO SÃO BENTO

Gilberto Antonio Fiorin Filho (1), Jaison Araújo Speck (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)gilbertoantoniofiorin@gmail.com (2)jspeck@casan.com.br

RESUMO

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar o potencial de geração de energia elétrica na barragem do rio São Bento. A válvula dispersora é o objeto do estudo, que foi concebido seguindo o manual Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas da ELETROBRÁS, bem como outras fontes. Foram levantados os dados de vazão e as cotas do reservatório, para que fosse calculado o potencial de geração de energia. Encontrou-se um valor considerável de potência, deflagrando um potencial de energia instalado de 1,73 MW, produzindo 7.506,58 MWh de energia no período analisado. O valor de potência gerada demonstra que a unidade pode gerar energia para abastecer todos os componentes da superintendência regional sul da CASAN. Os valores estipulados para a realização do empreendimento demonstram-se rentáveis a partir de comparativos estabelecidos com os valores gastos em energia pela companhia. Os resultados demonstram que o potencial de geração de energia elétrica é real e a instalação de uma pequena central hidrelétrica, além de representar uma alternativa sustentável, demonstra-se bastante viável.

Palavras chave: vazão, potência, pequena central hidrelétrica, sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica é sem dúvida uma das grandes necessidades para o desenvolvimento econômico e social do país. O aumento do consumo é constante e dado o surgimento de novas indústrias e também de novas unidades consumidoras atendidas.

Atrelado à esta maior demanda, deve-se estar atento aos conceitos de energia limpa e renovável. Diferente da energia proveniente da queima de combustíveis fósseis (que geram impactos ambientais e são bens não renováveis), a energia hidráulica apresenta uma fonte de geração limpa e renovável.

Segundo dados do BIG (Banco de Informações de Geração, 2016) disponibilizado pela ANEEL, o Brasil possui 150.726.349 kW de potência instalada, sendo que 61,30% desta energia é proveniente do potencial hidráulico. Este número possui grande representatividade justificada pela existência das grandes Usinas

Hidrelétricas. Quando se fala em PCHs este número se torna muito pequeno, evidenciando um potencial muito grande a ser explorado.

A matriz energética brasileira é bastante diversificada, porém ainda há muito que avançar em sustentabilidade. As PCHs surgem cada vez mais como uma opção. Devido às constantes mudanças nos valores cobrados pelas operadoras de energia, a instalação das PCHs promove uma economia real tornando as empresas auto-sustentáveis na produção de energia para seus processos. Segundo a ELETROBRÁS (2000), PCHs são aquelas centrais hidrelétricas que têm potência instalada entre 1 e 30 MW.

Ainda em uma análise acerca da produção de energia em pequenas centrais, temos uma grande vantagem devido às linhas de transmissão estarem próximas da unidade geradora, minimizando as perdas no processo. Grandes unidades geradoras percorrem grandes distâncias em sua distribuição, perdendo boa parte do potencial neste percurso.

Santa Catarina possui 338 unidades geradoras de energia, sendo responsáveis pela geração de 4.575.205 kW de potência. O estado catarinense possui 66 PCHs gerando 526.169 kW. Há ainda seis unidades PCH em construção e mais vinte a serem iniciadas (ANEEL, 2016).

Segundo as diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, antes de iniciarem-se as atividades de estudos e projetos de uma PCH, é necessário verificar se a avaliação do potencial hidrelétrico pretendido está em conformidade com o que preconiza a legislação em termos de otimização de aproveitamento de bem público (ELETROBRÁS, 2000).

O estudo de caso do presente artigo tem por objetivo a observação do potencial de geração de energia hidrelétrica a partir da válvula dispersora existente no sistema de controle de volume da barragem do Rio São Bento e avaliar a viabilidade do mesmo. Os objetivos específicos do artigo são: a) reunir os dados coletados pela concessionária de água responsável pela barragem; b) calcular o valor médio de vazão da válvula dispersora; c) definir o tipo de equipamento a ser instalado na PCH; d) calcular o valor de produção energética em kWh; e) prever modificações e investimentos em estrutura necessários; f) analisar o valor estimado necessário para implementação do sistema.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

2.1.1 Bacia do Rio São Bento

A bacia do Rio São Bento é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Araranguá. Sua nascente está localizada junto a Serra Geral. Segundo Costa (2008) na Barragem do rio São Bento as vazões máximas ocorrem no período de outubro a março, com as vazões mínimas ocorrendo no período de abril a agosto, sendo obtidos os seguintes valores de vazões afluentes à seção do barramento:

- Vazão mínima mensal: 0,13 m³/s;
- Vazão máxima mensal: 23,15 m³/s;
- Vazão média de longo termo: 3,12m³/s;

2.1.2 Barragem do Rio São Bento

A barragem do rio São Bento localiza-se logo após a confluência do rio Serrinha com o rio São Bento, possui uma área de drenagem a montante do seu barramento principal de 113,79 km², e a jusante a este até sua foz no rio Mãe Luzia a área de 43,61 km², valores estes revisados na ocasião da elaboração do Manual de Operação do Reservatório (COSTA, 2008).

Com a construção da barragem a área de drenagem de montante passou a ter como áreas de contribuição até a seção da barragem da sub-bacia do rio Serrinha e a sub-bacia do rio São Bento, esta última contribuindo com 60% do total da bacia de montante segundo COSTA (2008 apud MING, 2007)

A implantação da barragem do rio São Bento deu-se no intuito de abastecer uma vasta região formada pelos municípios de Criciúma, Siderópolis, Morro da Fumaça, Forquilha, Treviso, Içara, Nova Veneza, Maracajá, além de sua importante função de irrigação de áreas cultivadas a jusante, formada em sua maioria por rizicultores.

2.1.3 Válvula dispersora

A válvula dispersora é um acessório de descarga instalado no inferior da barragem tendo papel de controlar a vazão defluente. Seu acionamento é dado por meio de painel de controle eletromecânico. O controle de vazão ocorre por deslocamento do êmbolo situado externamente à válvula, regulando assim o fluxo de água pela válvula. A válvula dissipa uma grande quantidade de água à uma grande pressão (cerca de 38 mca). A água dispersa é encaminhada para o rio São Bento à jusante do reservatório(COSTA, 2008).

A válvula dispersora descarrega uma vazão máxima de 5,23 m³/s segundo Costa (2008). Essa descarga representa 0,69% em relação à descarga total do sistema. De acordo com a análise da situação atual de funcionamento a válvula descarrega em média 5m³/s de água podendo atingir um valor de 6m³/s quando a barragem atua em seu nível máximo.

Figura 1–Válvula dispersora barragem rio São Bento



Fonte: CASAN (2016).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Dados de controle da barragem

O acompanhamento do bom funcionamento de um sistema tão complexo como o sistema existente na barragem do Rio São Bento se faz necessário. Casos como o ocorrido na cidade de Mariana em Minas Gerais evidenciam a importância da manutenção e da possibilidade de prever qualquer tipo de falha.

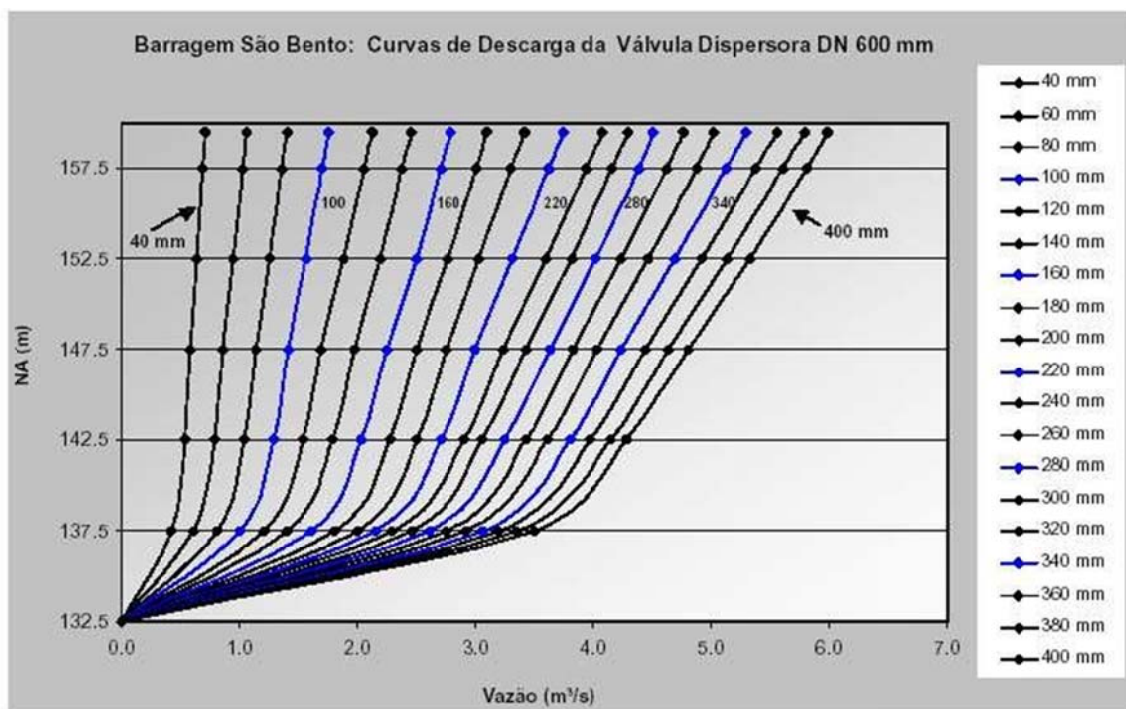
A barragem do Rio São Bento possui um moderno sistema de controle hidráulico, estrutural e hidrometrológico e acompanhamento de variáveis, sendo possível a observação dos dados referentes à adução, vazão de fundo, de vertimento e da válvula dispersora.

Os valores de vazão da válvula dispersora, bem como demais dados referentes ao funcionamento do sistema da barragem como um todo são coletados pela equipe técnica da CASAN e foram disponibilizados para o cálculo de um valor médio de vazão da válvula.

A ficha de controle hidráulico é utilizada para fazer a leitura dos valores horário de vazão da válvula dispersora.

O valor da vazão também pode ser obtido, segundo Costa (2008) para diferenciadas situações de nível de água em função do deslocamento do êmbolo da válvula dispersora.

Figura 2 - Curvas de descarga da válvula dispersora DN 600 mm



Fonte: COSTA, Paulo Roberto (2008).

2.2.2 Avaliação Preliminar da viabilidade do local selecionado

De acordo com a ELETROBRÁS (2000), deve-se iniciar o estudo com uma avaliação preliminar de viabilidade do local selecionado para a geração de energia. Inicialmente, deverá ser estimada a energia firme (EFe) que corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida, supondo a ocorrência da seqüência mais seca registrada no histórico de vazões do rio onde ela está

instalada. Calcula-se também a potência a ser instalada (Pot). Para os cálculos utilizam-se as seguintes fórmulas:

$$EFe = \frac{\mu \cdot 9,81 \cdot Q \cdot Hliq}{1000} \cdot \Delta t \quad (1)$$

Sendo:

EFe = Energia firme estimada em MW médios, considerando-se Q e $Hliq$ constantes durante o funcionamento da usina, (1 MW médio = 8760 MWh por ano, durante a vida útil da usina);

μ =Rendimento do conjunto turbina-gerador, sugerindo-se o valor final de 0,85;

Δt =Intervalo de tempo igual a 1 s;

Q =Vazão média (Q) ao longo do período crítico (m^3/s);

$Hliq$ =Altura manométrica. Este valor será obtido a partir da cota de altura da água no barramento, decrescida da cota do ponto central da válvula dispersora, que corresponde a 126 metros.Pode-se simplificar a equação:

$$EFe = 0,0083 * Q * Hliq$$

Ainda de acordo com a ELETROBRÁS (2000), $EFe = Fc \cdot Pot$. Havendo essa relação têm-se:

$$Pot = \frac{EFe}{Fc} \quad (2)$$

Onde:

Pot é a potência instalada (MW);

Fc é o fator de capacidade, adotado, para esta fase, igual 0,55.

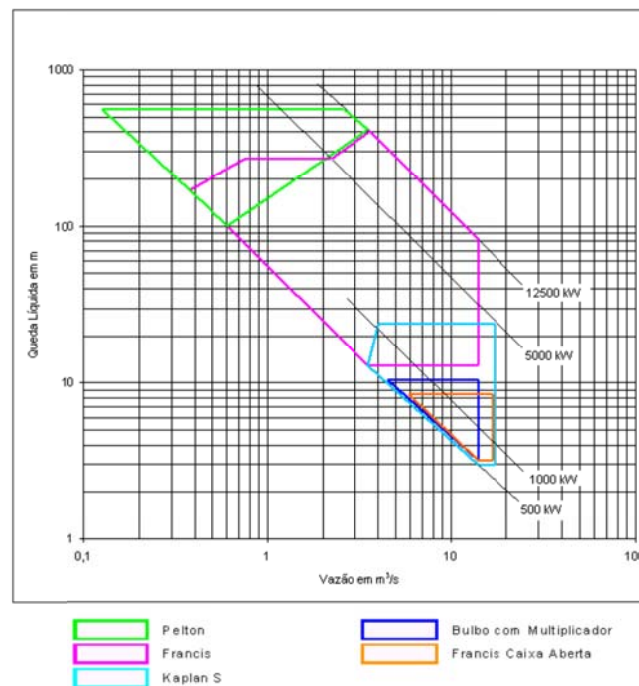
2.2.3 Seleção tipo de Máquina de Fluxo

Máquina de Fluxo, ou *turbomachine*, é um equipamento utilizado para transformar energia mecânica em energia elétrica. A fonte de energia mecânica utilizada no presente estudo é gerada pela passagem do fluido no conduto, que ao interagir com o elemento rotativo, produz energia elétrica (Brasil, 2006).

Para avaliação do tipo de turbina a ser utilizado no projeto, são necessários os valores da altura líquida (m) e da vazão de projeto por turbina (m³/s), conforme gráfico a seguir.

A potência (kW) estimada na saída pode ser obtida a partir da interpolação dos valores, analisando-se as linhas oblíquas.

Figura 3 - Tipos de turbinas hidráulicas



Fonte: ELETROBRÁS, Diretrizes para projetos de PCH (2000).

A potência indicada no gráfico anterior corresponde à saída do gerador. A potência gerada pode ser comprovada pela fórmula a seguir:

$$P_G = 9,81 \cdot Q \cdot H_{liq} \cdot \eta_T \cdot \eta_g \quad (3)$$

Onde:

P_G = Potência na saída do gerador (kW);

Q = Vazão da turbina (m³/s);

H_{liq} = Altura líquida (m);

η_T = Rendimento da turbina;

η_g = Rendimento do gerador.

Conforme estabelecido pela ELTROBRÁS (2000), na ausência de valores para η_T e η_g , utiliza-se de parâmetros conservatórios para estabelecer um valor realista de rendimento global turbina/gerador. Portanto, adota-se e $\eta_T * \eta_g = 0,85$.

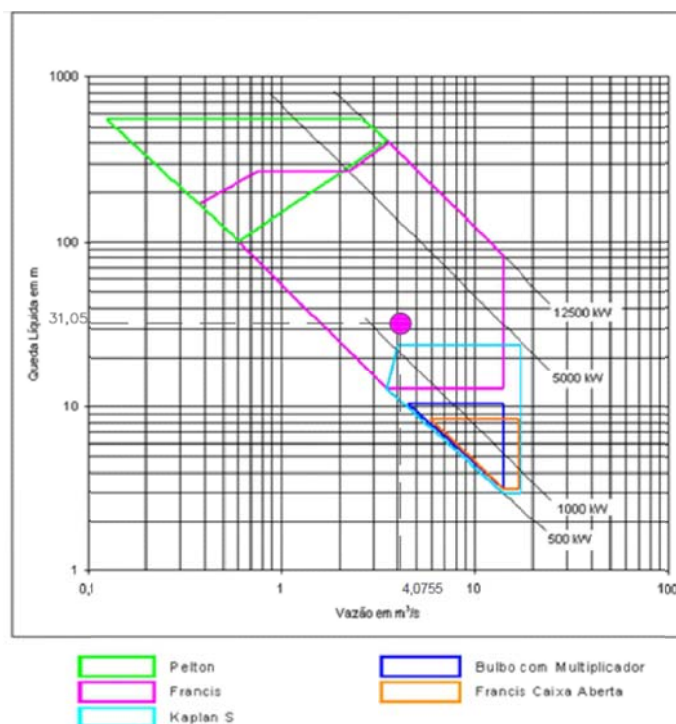
O valor de potência gerada em kWh no período de um ano pode ser obtido aplicando-se a relação de 1 MW médio instalado equivale a 8760 MWh gerado por ano (ELETROBRÁS, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DIMENSIONAMENTO DA TURBINA E POTÊNCIA INSTALADA

Baseando-se nos dados fornecidos pela CASAN referentes ao período de 01/01/2015 até 30/09/2016, temos um valor médio para altura líquida (H_{liq}) de 31,05 metros. A vazão média (Q) da válvula dispersora no período obtida é de 4,0755 m³/s.

Figura 4 – Análise gráfica tipos de turbinas hidráulicas.



Fonte: Adaptado de ELETROBRÁS, Diretrizes para projetos de PCH (2000).

Fazendo a inserção dos valores no gráfico chegamos à seguinte constatação. A turbina que mais se adequa ao projeto é a do tipo Francis.

Para o cálculo da Energia Firme (EFe), serão utilizados os valores referentes ao período crítico na Barragem do Rio São Bento. Segundo Costa(2008), o período crítico está compreendido entre os meses de abril a agosto. Para o cálculo, foram levantados os dados do mesmo período no ano de 2016. Sobre este intervalo de tempo analisado, incidiu-se também o fenômeno meteorológico La Nina, o qual representa longos períodos de estiagem sobre a região sul do Brasil.

A vazão média obtida no período é de $Q = 3,8292 \text{ m}^3/\text{s}$. O valor médio da altura líquida durante os meses de abril a agosto é de 29,51m. Pela equação (1) têm-se:

$$\begin{aligned} EFe &= 0,0083 * Q * Hliq \\ EFe &= 0,0083 * 3,892 * 29,51 \\ EFe &= 0,9533 \text{ MW}. \end{aligned}$$

Ainda de acordo com a ELETROBRÁS (2000), $EFe = Fc.Pot$. Havendo essa relação têm-se a partir da equação (2):

$$\begin{aligned} Pot &= \frac{EFe}{Fc} \\ Pot &= \frac{0,9533}{0,55} \\ Pot &= 1,7332 \text{ MW} \end{aligned}$$

Portanto a potência instalada na unidade será de 1,7332 MW.

3.2 ANÁLISE DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Para o cálculo de produção de energia serão utilizados os dados referentes ao ano de 2016, no período compreendido entre o dia 01/01/2016 ao dia 30/09/2016. Neste intervalo o valor médio da vazão horária foi de $Q = 4,5162 \text{ m}^3/\text{s}$. A cota da barragem média no período foi de 156,34m. Conforme citado anteriormente, a cota do centro da válvula dispensor é 126m. Portanto, chega-se ao valor de $Hliq = 156,34 - 126 = 30,34 \text{ m}$.

Com estes dados pode-se calcular a potência gerada pela equação (3).

$$P_G = 9,81. Q. Hliq. \eta T. \eta g$$

$$P_G = 9,81.4,5162.30,34.0,85$$

$$P_G = 1142,5538 \text{ kW}$$

Levando-se em consideração a relação exposta pelo ELETROBRÁS em que o valor de 1 MW médio corresponde a 8760 MWh por ano, pode-se obter o valor de energia em kWh produzido no período. Como a análise de dados será feita em relação aos nove primeiros meses do ano (dados vão até o mês de setembro), multiplica-se ao valor obtido a fração equivalente do período em relação ao ano, que representa $\frac{9}{12}$ (nove doses avos), ou simplificando, $\frac{3}{4}$ (três quartos) do ano.

Portanto, utilizando-se destas informações, obtêm-se o potencial de geração de energia nos três primeiros trimestres de 2016:

$$P_G = 1,1425538 \text{ MW}$$

Sendo:

$$1 \text{ MW} = 8760 \text{ MWh/ano}$$

Portanto:

$$P_{Gt} = 1,1425538 \cdot 8760 \cdot \frac{3}{4}$$

$$P_{Gt} = 7506,5788 \text{ MWh}$$

O consumo da CASAN no sistema integrado que é a área de abrangência da Barragem do Rio São Bento, no mesmo período do ano de 2016 em suas unidades consumidoras localizados nas cidades de Criciúma, Forquilha, Içara, Lauro Muller, Maracajá, Morro da Fumaça, Nova Veneza e Siderópolis, foi de 7.170,518 MWh. Portanto o potencial de geração de energia elétrica obtido no período é superior ao consumo, havendo um excedente de 336,0608 MWh.

3.3 INVESTIMENTO NECESSÁRIO

A estimativa de investimento será efetuada a partir de valores fixados para a instalação de uma PCH. Segundo a publicação Energia Elétrica e Inovações Energéticas da Fundação Getúlio Vargas - FGV (p. 35, 2011), o custo de investimento estimado é de R\$ 5.500,00/ kW de potência instalada com database de julho de 2011.

Para se trazer este custo a valor presente, utilizou-se o Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M, produzido pela Fundação Getúlio Vargas – FGV, o qual corrige valores de acordo com a inflação. Tal índice foi adotado devido à sua aplicação na regulamentação de preços de tarifas de energia elétrica e contratos. A correção do valor estimado para cada kW instalado é exposta na Tabela 1.

Tabela 1 - Correção para valor presente.

Resultado da Correção pelo IGP-M (FGV)	
Dados iniciais	
Data inicial	07/2011
Data final	10/2016
Valor nominal	R\$ 5.500,00
Dados corrigidos	
Índice de correção no período	1,4168459
Valor percentual correspondente	4168,46%
Valor corrigido	R\$ 7.792,65

Fonte: Do autor (2016).

Portanto a estimativa de custo da PCH será o produto da multiplicação da potência instalada pelo valor estimado por kW.

$$\text{Custo} = 7.792,65 * 1733,2$$

$$\text{Custo} = \text{R\$ } 13.506.220,98$$

Entretanto, este custo estimado representa o valor global da concepção de um projeto, estando contido no valor calculado diversas intervenções em estrutura e planejamento. No presente estudo, algumas etapas inclusas nestes investimentos não se aplicam, haja vista que a estrutura disponível na barragem do Rio São Bento será utilizada, dispensando a utilização destes parâmetros no cálculo do valor total. Para a composição do preço são considerados diversos serviços referentes à estudos iniciais, desenvolvimento, engenharia, equipamento de geração e estruturas diversas. Segundo Mancebo e Brandão (apud CERPCH et al. 2013), a representatividade de cada etapa da implantação de uma PCH está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 – Representatividade das etapas no custo.

Descrição	Valor%
Estudos Iniciais	
Investigação do local	1,00%
Estudo Hidrológico	0,50%
Avaliação Ambiental	1,00%
Projeto Básico	1,00%
Estimativa de Custos	0,30%
Preparação de Relatórios	0,20%
Gerenciamentos do Projeto	1,00%
Passagens e diárias	0,60%
Desenvolvimento	
Negociação do PPA	0,50%
Licenças	0,50%
Levantamentos Geológicos	0,60%
Gerenciamento do Projeto	0,70%
Passagens e diárias	0,60%
Engenharia	
Projeto Executivo	3,00%
Contratação	1,00%
Supervisão da Construção	3,00%
Equipamento de Geração	
Turbinas, geradores, reguladores, painéis	22,00%
Instalação	3,00%
Transporte	2,00%
Estruturas Diversas	
Entrada de acesso	5,00%
Barragem	9,00%
Canal de Adução	4,00%
Tomada d'água	2,00%
Tubulação	5,00%
Casa de Máquinas	3,00%
Subestação e linhas de Transmissão	10,00%
Transporte	2,00%
Miscelânea	
"Overhead" do Contratante 5,0%	5,00%
Treinamento	0,50%
Contingências	12,00%

Fonte: CERPCH (2013).

Para análise dos custos inerentes à instalação de uma PCH no local de estudo, foram elencados os pontos que carecem de investimento, sendo excluídos do valor os itens que já se fazem presentes ou que são desprezíveis. A avaliação da necessidade da realização do item, bem como seu custo estimado estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Custo estimado.

Descrição	Há necessidade?	Custo (%)	Custo estimado
Estudos Iniciais			
Investigação do local	Não	1,00%	
Estudo Hidrológico	Não	0,50%	
Avaliação Ambiental	Sim	1,00%	R\$ 135.062,21
Projeto Básico	Sim	1,00%	R\$ 135.062,21
Estimativa de Custos	Não	0,30%	
Preparação de Relatórios	Não	0,20%	
Gerenciamentos do Projeto	Não	1,00%	
Passagens e diárias	Não	0,60%	
Desenvolvimento			
Negociação do PPA	Não	0,50%	
Licenças	Não	0,50%	
Levantamentos Geológicos	Não	0,60%	
Gerenciamento do Projeto	Não	0,70%	
Passagens e diárias	Não	0,60%	
Engenharia			
Projeto Executivo	Sim	3,00%	R\$ 405.186,63
Contratação	Não	1,00%	
Supervisão da Construção	Não	3,00%	
Equipamento de Geração			
Turbinas, geradores, reguladores, painéis	Sim	22,00%	R\$ 2.971.368,62
Instalação	Sim	3,00%	R\$ 405.186,63
Transporte	Sim	2,00%	R\$ 270.124,42
Estruturas Diversas			
Entrada de acesso	Não	5,00%	
Barragem	Não	9,00%	
Canal de Adução	Não	4,00%	
Tomada d'água	Não	2,00%	
Tubulação	Não	5,00%	
Casa de Máquinas	Sim	3,00%	R\$ 405.186,63
Subestação e linhas de Transmissão	Sim	10,00%	R\$ 1.350.622,10
Transporte	Sim	2,00%	R\$ 270.124,42
Miscelânea			
"Overhead" do Contratante 5,0%	Não	5,00%	

Treinamento	Não	0,50%
Contingências	Não	12,00%
Total		R\$ 6.347.923,86

Fonte: Do autor, 2016.

Portanto o valor do investimento estimado para a instalação de uma PCH na barragem do Rio São Bento é de R\$ 6.347.923,86, levando-se em consideração apenas os itens a serem implementados.

Para que se trace um comparativo financeiro, foram colhidos juntamente aos valores de energia consumidos pela superintendência regional sul, o valor pago no período referente às contas de energia da empresa. Entre 01/01/2016 até 30/09/2016 foram gastos R\$ 3.347.314,67 em energia elétrica. O valor gasto em apenas nove meses deste último ano representa 52,73% do valor de investimento necessário para a implantação da PCH.

4 CONCLUSÕES

Nos estudos desenvolvidos, chegou-se a conclusão de que o potencial hidráulico disponível no sistema de controle, mais precisamente na válvula dispersora, possibilita a instalação de uma turbina hidráulica do tipo Francis. A quantidade de energia gerada no período analisado, também superou o consumo de energia da superintendência regional sul da CASAN, demonstrando que a empresa pode ser autossuficiente em energia elétrica, gerando ainda excedentes para a concessionária de energia. Na análise financeira, foram utilizados parâmetros pré-estabelecidos para uma estimativa de custos. Foram levantados os valores necessários para a implantação do sistema, analisando a necessidade de cada serviço elencado no orçamento. Por fim estabeleceu-se um comparativo entre o valor do sistema da PCH com os valores gastos em faturas elétricas da superintendência regional sul, possibilitando assim traçar uma relação proporcional do investimento com os gastos correntes.

Os estudos demonstram que o potencial de geração é real. Este potencial escoa a jusante da barragem do rio São Bento e é desperdiçado diariamente. Seu aproveitamento representa uma opção sustentável de geração de energia, e não evidencia nenhum prejuízo à vazão ecológica, não refletindo em perdas no abastecimento de água aos rizicultores. O trabalho abre precedentes ainda para o

estudo da utilização de sistemas de geração inseridos em outros pontos do sistema de abastecimento de água, como em locais onde há a necessidade de inserção de válvulas redutoras de pressão.

Para a implementação do sistema deve-se promover estudos mais específicos, principalmente no que se refere a orçamentos de equipamentos de geração, bem como a análise de modalidades de financiamento que possibilitariam a realização do projeto em parceria com o governo.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **BIG - Banco de Informações de Geração**. 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/big-banco-de-informacoes-de-geracao/655808?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Finformacoes-tecnicas%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_CegkWaVJWF5E%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso em: 01 abr. 2016.

BRASIL, Alex N. Teoria geral das máquinas de fluxo. **Máquinas Termohidráulicas de Fluxo**. 2006. p. 20-61. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/APOSTILA_MH/capitulo2_teoriasgeral__M_AQUINAS%20DE%20FLUXO.PDF>. Acesso em: 11 abr. 2016.

COSTA, Paulo Roberto. **Processos hidrológicos aplicados ao controle hidráulico-operacional de reservatórios de acumulação de água: O caso da barragem do rio São Bento - SC**. 2008. 133f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2008.

DO COUTO PINTO DA ROCHA, João Pedro. **Metodologia de projecto de sistemas de produção de electricidade descentralizada baseados em Energia Hídrica**. 2008. 167f. Tese (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ELETROBRAS. **Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas**. 2000. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS4AB3DA57PTBRIE.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Energia elétrica e inovações energéticas**. 2011. Disponível em: <<http://fgvenergia.fgv.br/publicacao/energia-eletrica-e-inovacoes-energeticas>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

JUNGES, Francieli Cristina. **Análise de viabilidade de implantação de pequena central hidrelétrica na barragem Rodolfo da Costa e Silva**. 2007. 71f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MANCEBO, Elizabeth Wiltgen; BRANDÃO, Pedro da Cunha. **Avaliação da viabilidade econômica de reativação de uma central geradora hidrelétrica: um estudo de caso.** 2013. 100f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

WEILLER, João Guilherme. **Análise de viabilidade técnica de implantação de uma PCH.** 2014. 64f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014.