

FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL - FAMESUL

LUIZ FERNANDO BECKER KLEINSCHMIDT

**A RELEVÂNCIA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO CENÁRIO
ENERGÉTICO ATUAL**

**RIO DO SUL
2020**

FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL - FAMESUL

LUIZ FERNANDO BECKER KLEINSCHMIDT

**A RELEVÂNCIA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO CENÁRIO
ENERGÉTICO ATUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Serviço Social Faculdade Metropolitana de Rio do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Prof. Orientador: Marcelo da Silva

**RIO DO SUL
2020**

RESUMO

O aumento da demanda de energia elétrica tem se mostrado um fator importante para o desenvolvimento de um país. O mesmo acontece aqui no Brasil. Antigamente, as usinas hidrelétricas respondiam pela maior parte da capacidade instalada da matriz energética brasileira. Na época no ano 2000, o país fornecia uma das fontes de energia mais baratas do mundo. Desde então, mudanças na política ambiental mudaram essa situação. As entidades do setor atribuem a burocracia enfrentada pelas novas autorizações de projetos, que podem demorar mais de 10 anos. Segundo a Eletrobrás, o objetivo da PCH é gerar eletricidade por meio do movimento de uma turbina, e o movimento da turbina será movido pela força da água, o que é muito importante para a análise da injeção. O foco da análise está no aproveitamento ideal, que é sempre proporcionar o local de maior potencial com o maior custo de instalação para aproveitamento de energia hidrelétrica, respeitando o meio ambiente. O Brasil tem um potencial absurdo, mas essa vantagem não teve grande importância, porque não tem sido utilizada para aumentar significativamente nossas exportações de energia, talvez pela publicidade negativa dos países de que o Brasil compra seu próprio combustível. A energia térmica parece ser inconsistente com a hidreletricidade até certo ponto.

The increase in the demand for electricity has proved to be an important factor for the development of a country. The same is true here in Brazil. In the past, hydroelectric plants accounted for most of the installed capacity of the Brazilian energy matrix. At the time in 2000, the country supplied one of the cheapest energy sources in the world. Since then, changes in environmental policy have changed this situation. Sector entities attribute the bureaucracy faced by new project authorizations, which can take more than 10 years. According to Eletrobrás, the objective of the SHP is to generate electricity through the movement of a turbine, and the movement of the turbine will be moved by the force of the water, which is very important for the analysis of the injection. The focus of the analysis is on optimum utilization, which is always to provide the location with the greatest potential with the highest installation cost for using hydroelectric energy, respecting the environment. Brazil has an absurd potential, but this advantage was not of great importance, because it has not been used to significantly increase our energy exports, perhaps due to the negative publicity of the countries that Brazil buys its own fuel. Thermal energy appears to be inconsistent with hydropower to some extent.

Palavras-chave: PCH. Hidrelétrica. Energia.

PCH

-

HIDRELÉTRICA

-

ENERGIA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fio d' Água	8
Figura 2- Obra Civil	11
Figura 3- Chaminés de Equilíbrio	12
Figura 4- Tipo de turbina por Faixa de Operação	14
Figura 5- Turbina tipo Kaplan	15
Figura 6- Turbina tipo Francis.....	16
Figura 7- Turbina tipo Pelton	16
Figura 2- Obra Civil	21
Figura 8- Propriedade Rural	11

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	7
2. OBJETIVO	7
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. EMBASAMENTO TEÓRICO	7
3.1 PCH (PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICA)	7
3.1.1 TIPOS DE PCH	7
3.1.1.1 FIO D' ÁGUA	8
3.1.1.2 ACUMULAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO DIÁRIA DO RESERVATÓRIO ...	9
3.1.1.2 ACUMULAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO MENSAL DO RESERVATÓRIO..	9
3.2 CARACTERÍSTICAS E COMPONENTES	9
3.2.1 SISTEMA DE ADUÇÃO.....	9
3.2.2 BARRAGEM OU RESERVATÓRIO	10
3.2.3 TOMADA D'ÁGUA.....	10
3.2.4 CANAL DE ADUÇÃO.....	11
3.2.5 TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO EM BAIXA PRESSÃO.....	11
3.2.6 TUBULAÇÃO DE ADUÇÃO EM ALTA PRESSÃO (PENSOTOCK).....	11
3.2.7 CANAL DE FUGA	12
3.2.8 CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	12
3.2.9 CASA DE FORÇA.....	13
3.3 GERADORES HIDRÁULICOS	13
3.3.1 GERADOR SÍNCRONO	13
3.3.2 GERADOR ASSÍNCRONO	14
3.3.3 TURBINA HIDRÁULICA	14

3.3.4 TURBINA TIPO KAPLAN	15
3.3.5 TURBINA TIPO FRANCIS.....	15
3.3.6 TURBINA TIPO PELTON	16
3.4 IMPLANTAÇÃO	17
3.4.1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	18
3.4.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA ISOLADA.....	19
3.4.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA INTERCONECTADA.....	19
4. APLICAÇÃO	19
4.1 DADOS E CÁLCULOS	19
5. CONCLUSÃO.....	22

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda de eletricidade provou ser um fator importante no desenvolvimento de um país. O mesmo acontece aqui no Brasil.

Para Damasceno (2011, p.23) “Tal necessidade tem gerado uma série de investimentos nesta linha de produção, e no caso brasileiro, se percebe uma maior participação da energia proveniente dos recursos hídricos.”

Segundo Mamede (2015) a primeira hidrelétrica iniciou-se em setembro de 1882, e foi estabelecida no rio Foz, em Appleton, Wisconsin, EUA. Esta possuía capacidade instalada de 12,5 kW e fornecia eletricidade a duas fábricas de papel. Já a primeira usina hidrelétrica começou em 1883 e está situada no Inferno de Ribeirão do Inferno, Diamantina (MG), afluente do rio Jequitinhonha., com 500 kW de potência.

Marchi (2010) aponta que no século XX, o Brasil conseguiu uma expansão da matriz energética pelo crescimento das atividades industriais e o desenvolvimento da urbanização. No início da década de 50, as empresas privadas que operavam localmente não tinham ou não tinham o poder de mobilizar os recursos necessários para expandir o suprimento de energia; portanto, o setor de energia começou a sofrer degradação da qualidade, interrupções frequentes de energia e interrupções de energia.

Em 1962, a usina brasileira de eletricidade da Usina, Eletrobrás, foi criada, e projetos de construção e operações de linhas e subestações de transmissão ajudaram a crescente demanda de energia do país. Segundo dados do Departamento de Energia dos EUA, o potencial energético estimado do Departamento de Energia dos EUA atingiu 3.642 MW (MARCHI, 2010, p.2).

Com a política de desenvolvimento energético do governo militar e a criação da Eletrobrás, passou-se a dar maior importância a grandes usinas hidrelétricas, como por exemplo a de Itaipu, com potência instalada de 14.000 MW, assim as usinas de menor porte foram deixadas em segundo plano pelo estado, e em vários casos até foram desativadas, por não conseguirem arcar com os custos de operação comparadas com as de grande porte. Mesmo assim, pela iniciativa privada essas usinas de pequeno porte continuaram a ser construídas. (MAMEDE , 2015, p. 3).

Com este aspecto se inicia este trabalho, levantando crítica da verdadeira importância das PCH's no cenário atual de desenvolvimento.

A RELEVÂNCIA DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO CENÁRIO ENERGÉTICO ATUAL:

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Em um cenário como o do Brasil atualmente, a opinião pública fica pouco evidente sobre a valorização das pequenas centrais hidrelétrica como uma alternativa para auxiliar o desenvolvimento. Por este o trabalho visa analisar os benefícios e etapas de implantações de PCH's.

2. OBJETIVOS

- Enfatizar a relevância das pequenas centrais hidrelétricas no cenário energético atual.

2.1 Objetivos específicos

- Definir o que são PCHs e quais são seus componentes.
- Abordar quais são os tipos de geradores e turbinas utilizadas em PCHs.
- Avaliar viabilidade de implantação de modelo de geração em propriedade rural.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1 PCH (PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICA)

Conforme detalhado no Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (ELETROBRÁS, 2000, p.16) “A resolução de ANEEL 394, de 04/12/98, estabelece que os aproveitamentos com características de PCH são aqueles que tem potência de 1 a 30 MW e área inundada de até 3 km², para cheia centenária. ”.

Ainda conforme Eletrobrás o objetivo da PCH é gerar energia elétrica através do movimento da turbina, e o movimento da turbina será movido pela força da água, onde o fluxo de água é muito importante para a análise de injeção. Basicamente, a PCH é uma usina hidrelétrica em larga escala, pequena e muito adequada Locais para pequenos e médios córregos ou rios.

3.1.1 Tipos de PCH

Segundo as diretrizes da Eletrobras (2000), o tipo de PCH ideal para cada local, primeiro é preciso identificar todas as informações existentes sobre a bacia na qual será

inserida a PCH e sobre o local devem ser pesquisadas em instituições oficiais, tais como a ANEEL, a ELETROBRÁS, a concessionária de energia que no caso deste estudo é a CELESC, a CPRM, o IBGE, o Serviço Geográfico do Exército, etc. Segundo as diretrizes da ELETROBRAS para projetos de PCH, têm basicamente dois principais pontos a serem avaliados para sua implantação na questão de represamento, que são a capacidade de regulação do reservatório e o tipo de sistema de adução. A escolha de um tipo ou de outro dependerá do terreno e das condições geológicas apresentadas pelo local de uso e pelos estudos econômicos comparativos. Para uma melhor compreensão vamos ver do que trata cada uma delas:

3.1.1.1 Fio d' Água

A PCH a fio d'água é utilizada quando o fluxo do rio em épocas de estiagem é igual ou maiores do que o fluxo necessário para atender a demanda máxima exigida pela usina. Em outras palavras esse tipo de PCH não necessita um grande volume em seu reservatório, já que o sistema de adução deve ser dimensionado de acordo com a descarga necessária para obter a potência desejada (demanda máxima). Esse tipo de PCH também tem a vantagem de dispensar um canal extravasor pelo fato de que toda a água que não é utilizada pelo sistema de adução naturalmente verte por cima.

Figura 1 – Fio d' Água



Exemplo de PCH a Fio d' Água no Vale do Itajaí SC – Fonte:

BARIELI (2005) diz que esse tipo de PCH apresenta, dentre outras, as seguintes simplificações: Dispensa estudos de regularização de vazões; dispensa estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor; e facilita os estudos e a concepção da tomada

d'água. Já no projeto: Não tendo despejos significativos do Nível D'Água do reservatório, não é necessário que a tomada d'água seja projetada para atender o despejo do Nível D'Água, do mesmo modo, quando a adução for primária esta é projetada através de canal aberto, a profundidade do mesmo deverá ser a menor possível, pois não haverá a necessidade de atender os despejos do Nível D'Água; No caso se houver necessidade de instalação de chaminé de equilíbrio, a sua altura será mínima, pois o valor do despejo do reservatório, sendo assim este entra no cálculo dessa altura, é desprezível;

3.1.1.2 Acumulação com regularização Diária do Reservatório

Como descrito pela ELETROBRAS (2000) esse tipo de PCH é utilizado quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor e os riscos que ocorrem são superiores aos riscos adotados pelo projeto. Nesse caso, o reservatório de armazenamento fornecerá o fluxo regular adicional necessário.

3.1.1.3 Acumulação com regularização Mensal do Reservatório

Como descrito pela ELETROBRAS (2000) esse tipo de PCH é empregado quando o projeto de uma PCH considera dados de vazões médias mensais no seu dimensionamento energético, analisando as vazões de estiagem médias mensais, pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias, promovida pelo reservatório.

3.2 Características e Componentes

3.2.1 Sistema de adução

Quanto ao sistema de adução ELETROBRAS (2000), são considerados dois tipos de PCH:

- Adução em baixa pressão com escoamento livre em canal / alta pressão em conduto Forçado;

- Adução em baixa pressão por meio de tubulação / alta pressão em conduto forçado.

A escolha do sistema dependerá das condições topográficas e geológicas que apresente o local do aproveitamento, bem como de estudo econômico comparativo.

Para sistema de adução longo, quando a inclinação da encosta e as condições de fundação forem favoráveis à construção de um canal, este tipo, em princípio, deverá ser a solução mais econômica. Para sistema de adução curto, a opção por tubulação única, para os trechos de baixa e alta pressão, deve ser estudada.

As PCH podem ser ainda classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, como mostrado na Tabela 1, adiante, considerando-se os dois parâmetros conjuntamente, uma vez que um ou outro isoladamente não permite uma classificação adequada.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS PCH QUANTO À POTÊNCIA E À QUEDA DE PROJETO

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA - P (kW)	QUEDA DE PROJETO - H_d (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1.000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1.000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Fonte: ELETROBRAS (2010)

3.2.2 Barragem ou reservatório

Para Oliveira (2017. p 13) “um reservatório possui a finalidade de acumular a água nas ocasiões de excesso para uso em períodos de escassez, visando suprir aos grupos geradores com as vazões regulada e ordenada, conforme a demanda de energia na rede elétrica.”

Oliveira (2017) também afirma que esta garante que se obtenha um fluxo contínuo no sistema de adução assim facilitando o controle da geração, em locais com pouca queda, a barragem cria um desnível para obter o fluxo necessário para a produção da energia.

3.2.3 Tomada d'água

Para Oliveira (2017. p 23) “A tomada de água é projetada para coletar água do reservatório e conduzi-la ao sistema de baixa e/ou de alta pressão, regula a vazão e retém os detritos carreados pelo escoamento.”. Basicamente é por onde a água entra para o canal de adução, esta controla vazão e impede que entre detritos que param na grade de escoamento.

3.2.4 Canal de adução

Para Oliveira (2017, p 29) “A definição da seção mais adequada e de seus possíveis tratamentos estará em função das condições topográficas e geológico-geotécnicas além da minimização da soma do custo da estrutura com o valor presente da energia perdida.”. O canal de adução deve ser compatível com a vazão de escoamento.

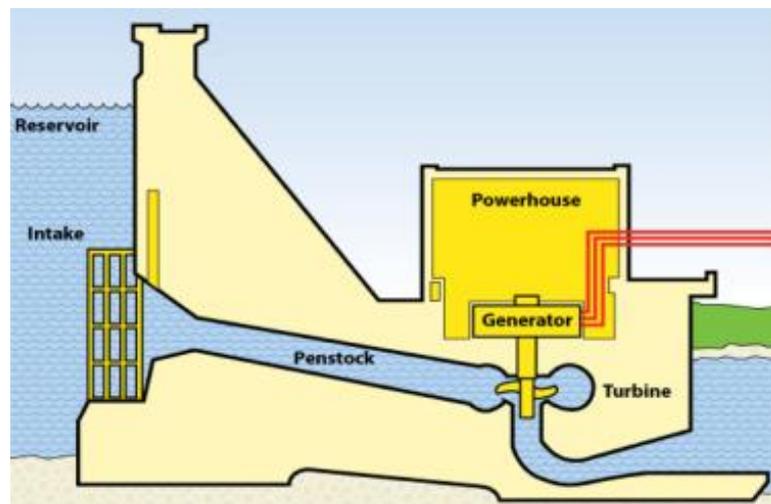
3.2.5 Tubulação de adução em baixa pressão

Para Oliveira (2017, p 32) “A tubulação de adução em baixa pressão é uma alternativa possível de ligação entre a tomada de água e a chaminé de equilíbrio ou conduto forçado caso inviabilizado o emprego de canal de adução.” Normalmente empregado pelo fato de ser inviável o uso de canal de adução aberto ao ar livre.

2.2.6 Tubulação de adução em alta pressão (PENSOTOCK)

Para Oliveira (2017, p 41) “É a estrutura essencial que compõe o circuito de geração da central hidrelétrica, é nela que surgem as principais dificuldades construtivas devido aos difíceis acessos em função da elevada irregularidade topográfica”. A figura a seguir mostra a obra civil que é necessária.

Figura 2 – Obra Civil



Fonte: ScienceDirect.com

3.2.7 Canal de fuga

Localizado à jusante do tubo de sucção, entre a casa de força e o rio, é o canal através do qual a vazão turbinada é restituída ao rio. Para os canais com superfície livre, a largura é comumente variável.

Para Battiston (2005. p 11) “As chaminés de equilíbrio são constituídas, basicamente, por construções verticais e várias podem ser as suas configurações.” Existe para desacelerar e diminuir o feito golpe de aríete ao longo de seu comprimento.

A largura inicial deverá ser igual à largura da casa de força. O comprimento será, também, variável, em função da distância entre a casa de força e o rio. Na confluência com o rio, a largura no fim do canal de fuga deverá ter dimensão suficiente para não introduzir qualquer controle sobre o escoamento. (ELETROBRÀS,2000).

3.2.8 Chaminé de equilíbrio

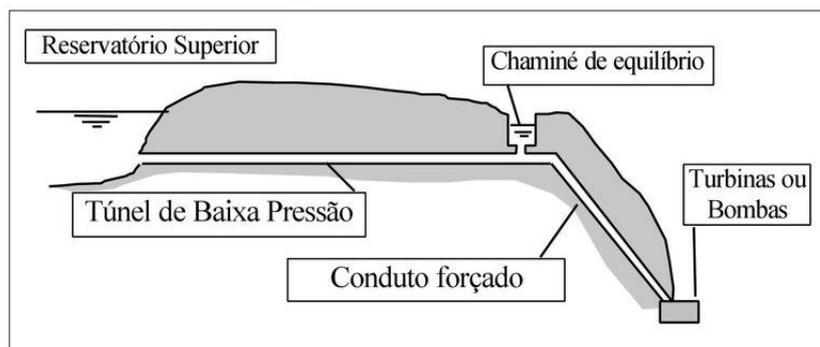
Para Battiston (2005. p 11) “As chaminés de equilíbrio são constituídas, basicamente, por construções verticais e várias podem ser as suas configurações.” Existe para desacelerar e diminuir o feito golpe de aríete.

Sob aspecto hidráulico, e quando necessária a sua instalação no circuito de geração, a utilização da chaminé de equilíbrio deve atender as seguintes hipóteses mínimas:

- Regular a frequência inicial das unidades geradoras, quando em partida brusca, deve garantir que não entre ar no conduto forçado;
- Reduzir as variações de pressão que se propagam ao longo da tubulação de alta pressão, quando em parada brusca das unidades geradoras. (Oliveira, 2017. p 38).

Representado pela Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Chaminés de Equilíbrio



Fonte: (<https://bit.ly/38wXMB5>)

3.2.9 Casa de força

Para REGET (2013) na casa de força estão situadas as turbinas, formada por uma série de pás ligadas ao um eixo, sendo que o mesmo esteja conectado ao gerador. Com eficiência que pode alcançar a 90%, as turbinas hidráulicas são atualmente as formas mais eficientes de conversão de energia primária em energia secundária. Abaixo serão descritos os componentes que fazem parte de cada de força.

3.3 Geradores hidráulicos

SIQUEIRA (2006, p.53) Diz que “Os geradores são máquinas rotativas que convertem a energia mecânica produzida pela turbina em energia elétrica”. No entendimento do autor dependendo das características da rede conectada à planta, o tipo de máquina pode ser selecionado entre geradores síncronos ou geradores assíncronos.

Para melhor compreender os geradores síncronos e assíncronos a seguir está a definição.

3.3.1 Gerador síncrono

SIQUEIRA (2006) aponta que Um gerador síncrono é uma máquina equipada com um sistema de excitação de corrente contínua (DC) associado a um regulador de tensão para fornecer controle constante de tensão, corrente e fase nos terminais do gerador. Uma vez sincronizado e conectado ao sistema de energia, ele fornecerá a energia reativa exigida pela rede. Sendo a fase atual e angular nos terminais do gerador são estáveis.

Os geradores síncronos para aplicação possuem dois ou quatro polos, e são normalmente classificados conforme o tipo dos polos localizados em seus rotores: lisos ou salientes. Geração centralizada: a energia é gerada em um local, geralmente distante da carga e em usinas de maior porte. Posteriormente, a energia é transmitida e distribuída para o consumidor por meio das redes de transmissão e de distribuição. (CARVALHO, 2011, p.3).

Geradores síncronos e motores síncronos têm o mesmo princípio de funcionamento e composição muito semelhante.

3.3.2 Gerador assíncrono

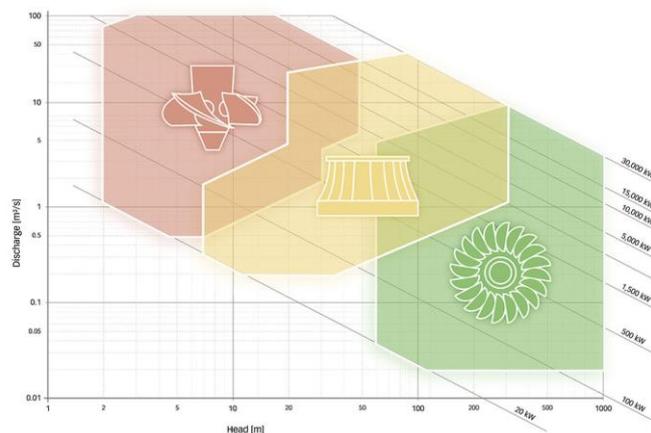
Para Siquera (2006, p.53) O gerador assíncrono é um motor de indução sem controle de tensão e velocidade, que depende do valor do sistema em operação. O método de excitar o motor é absorver o reagente da rede e compensar essa absorção instalando um banco de capacitores para reduzir o consumo reativo do motor. Como o gerador assíncrono não possui sua própria excitação, ele não pode ser desconectado da rede.

3.3.3 Turbina Hidráulica

As turbinas de água têm um princípio de funcionamento comum. A água entra na turbina a partir do reservatório ou em um nível de água mais alto e depois escapa para o canal de nível de água mais baixo. A água que entra é conduzida para um grupo de juncos ou injetores de combustível através de um tubo fechado, que transfere a energia mecânica (energia de pressão e energia cinética) do fluxo de água com potência axial. A pressão e a velocidade da água na saída são inferiores à da entrada. A água que sai da turbina é levada ao canal inferior através do duto (SOARES JÚNIOR, 2013, p 09)

Ainda conforme o autor citado acima, O eixo do rotor da turbina é suportado por rolamentos guia nas direções axial e radial por rolamentos axiais e reversos. As lâminas podem ser fixadas no rotor ou no rotor e podem ser ajustadas para controlar a velocidade de rotação ou o fluxo e a potência gerados. As principais razões para a redução na eficiência da turbina são as perdas hidráulicas e mecânicas. Hoje, a eficiência das turbinas hidráulicas é de cerca de 85% a 95%. As hidro-turbinas existem em usinas hidrelétricas e são conectadas a geradores que convertem a energia do eixo em energia elétrica.

Figura 4 - Tipo de turbina por Faixa de Operação

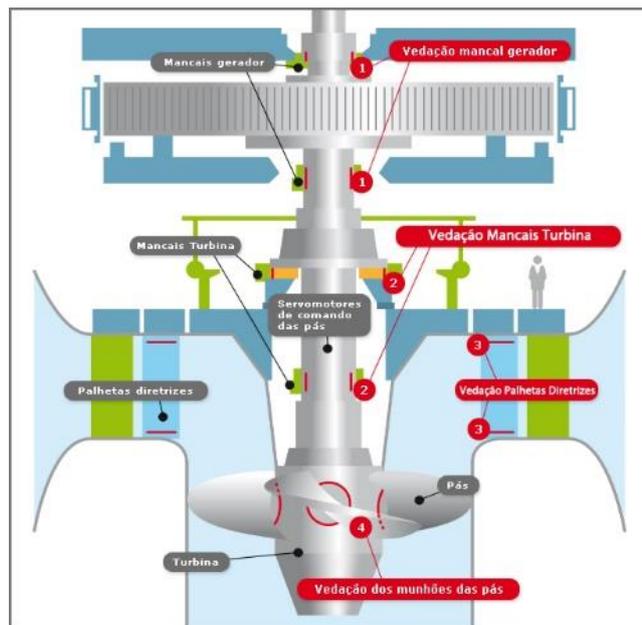


Fonte: HIDROENERGIA

3.3.4 Turbina Tipo Kaplan

A turbina Kaplan foi criada pelo engenheiro austríaco Victor Kaplan (1876-1934) e, através de pesquisas teóricas e experimentais, ele criou um novo tipo de turbina a partir da turbina da hélice, e é possível alterar o passo da lâmina. Então uma turbina de hélice com pás ajustáveis apareceu. O mecanismo pode ajustar o ângulo de inclinação da lâmina de acordo com a quantidade de descarga, sem alterações significativas no desempenho mecanismo é instalado na forma de uma bala e controlado por um regulador de velocidade automático. Os principais componentes das turbinas Kaplan são: distribuidores, cujas pás são chamadas guias, rotores, tubos de sucção e caixas espirais. As turbinas Kaplan são adequadas para operação em baixas alturas de queda e vazões grandes e médias. (SOARES JÚNIOR, 2013, p 12).

Figura 5 – Turbina tipo Kaplan



Fonte: PXL SEAL

3.3.5 Turbina Tipo Francis

A turbina Pelton foi criada por Allan Lester Pelton. Em 1878, ele começou a experimentar a evolução da roda d'água, inventando um novo conceito de roda d'água baseado no chamado "separador". Como todas as turbinas, a Pelton possui um distribuidor e um rotor. O formato do bico do distribuidor pode orientar o fluxo de água e fornecer um jato cilíndrico

nas pás do rotor. O rotor possui um certo número de pás, que têm formato de casca e são conectadas à periferia do disco que gira ao redor do eixo. (SOARES JÚNIOR, 2013, p 12).

Figura 6 – Turbina tipo Francis



Fonte: HIDROENERGIA

3.3.6 Turbina Tipo Pelton

A turbina Pelton foi criada pelo americano Allan Lester Pelton. Em 1878 iniciou experimentos envolvendo rodas d'água que o conduziram a invenção de um novo conceito de rodas d'água baseadas no chamado "splitter". Como todas as turbinas, a Pelton possui um distribuidor e um rotor. O distribuidor possui um formato de bocal injetor que guia o fluxo de água proporcionando um jato cilíndrico sobre a pá do rotor. O Rotor tem um determinado número de pás as quais, possuem um formato de concha e são presas na periferia de um disco que gira em torno de um eixo. (SOARES JÚNIOR, 2013, p 12).

Figura 7 – Turbina tipo Pelton



Fonte: HIDROENERGIA

3.4 Implantação

Para ALBARELLO (2014) a implantação da PCH, o primeiro passo a ser realizado é a energia hidrelétrica. Esta etapa inclui pesquisa de engenharia, que define o potencial hidrelétrico de uma dada bacia hidrológica. O foco da análise está na utilização ideal, que é sempre fornecer ao local o maior potencial de utilização da energia hidrelétrica ao maior custo possível de instalação, de maneira a respeitar o meio ambiente. É necessário verificar a lista de energia hidrelétrica por meio da ANEEL, que inclui uma introdução detalhada à pesquisa em engenharia no campo de intervenção e está comprometida com a otimização técnica, ambiental e econômica.

Segundo o Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas da Eletrobrás (MME, 2007), classifica em etapas os estudos que são:

Estimativa do Potencial Hidroelétrico: Inclui uma análise preliminar das características da bacia hidrológica, especialmente em termos de topografia, hidrologia, geologia e meio ambiente, para verificar sua proficiência hidrelétrica. A análise baseia-se inteiramente nos dados disponíveis e é realizada no escritório, podendo ser usada pela primeira vez para avaliar o potencial de uso e as estimativas de custo da bacia hidrológica e determinar a prioridade da próxima etapa.

Inventário Hidrelétrico: Caracteriza-se pelo conceito e análise de vários planos de divisão de outono para bacias hidrológicas formados por uma série de projetos e os compara. O objetivo é selecionar o plano que alcance o melhor equilíbrio entre custo de injeção, eficiência energética e impacto social ambiental. A análise é baseada em dados auxiliares, informações de campo e cartografia básica, hidrometeorologia, energia, geologia e geotécnica, ambiente social e vários estudos de uso da água.

Viabilidade: Nesta fase, é realizado um estudo mais detalhado para analisar a viabilidade técnica, energética, econômica e social ambiental para determinar o melhor uso para o leilão de energia. Esses estudos envolvem investigações no local, incluindo a escala do uso do reservatório e sua área de impacto, bem como a escala do trabalho de infraestrutura local e regional necessário para implementar o reservatório. Esta etapa inclui a análise de múltiplos usos da água e distúrbios socioambientais. Com base nesses estudos, foram

elaborados um estudo de impacto ambiental específico da empresa (EIA) e um relatório de impacto ambiental (RIMA) com o objetivo de obter permissão prévia (LP) de órgãos ambientais.

Projeto Básico: Esta é a fase de licitação após o uso. Para otimizar as características técnicas do projeto, as especificações técnicas dos equipamentos de engenharia civil e eletromecânica e o plano de ambiente social foram detalhados no estudo de viabilidade. O projeto do ambiente básico deve ser preparado para detalhar as recomendações contidas no EIA, visando obter uma licença de instalação de contrato de engenharia (LI).

Projeto Executivo: Essa é uma etapa que especifica desenhos de equipamentos de engenharia civil e eletromecânica, necessários para realizar o trabalho e montar este equipamento. Nesta etapa, foram tomadas todas as medidas relacionadas à implantação do reservatório, incluindo a implementação de um plano socioambiental para prevenir, mitigar ou compensar os danos socioambientais, de modo que uma licença de operação (LO) deve ser aplicada.

3.4.1 Geração distribuída

A geração distribuída é definida pelo artigo 14º do decreto nº 5.163 de julho de 2004 como sendo:

Art. 14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei nº 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004.

Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput.

Já em relação à geração centralizada BAJAY et al. (2018) diz que a geração centralizada é a energia gerada em um local, geralmente longe da carga, em grandes fábricas. Posteriormente, a energia é transmitida e distribuída aos usuários através de redes de transmissão e distribuição.

Além disso, podemos classificar a Geração Distribuída como:

3.4.2 Geração Distribuída Isolada

BAJAY et al. (2018) aponta que a A geração de energia distribuída operará isoladamente dos sistemas elétricos, por exemplo, em locais mais distantes ou áreas rurais, onde as linhas de transmissão não foram instaladas ou em um sistema de cogeração para consumo próprio.

3.4.3 Geração Distribuída Interconectada

Segundo BAJAY et al. (2018) a geração distribuída que se conecta ao sistema elétrico, atuando em regime permanente com ele, que é subdividida em:

*Geração Distribuída do consumidor, de posse do consumidor-investidor e opera ou por ele ou pela própria concessionária;

*Geração Distribuída de concessionária, de posse da própria concessionária que também faz a operação.

4. APLICAÇÃO

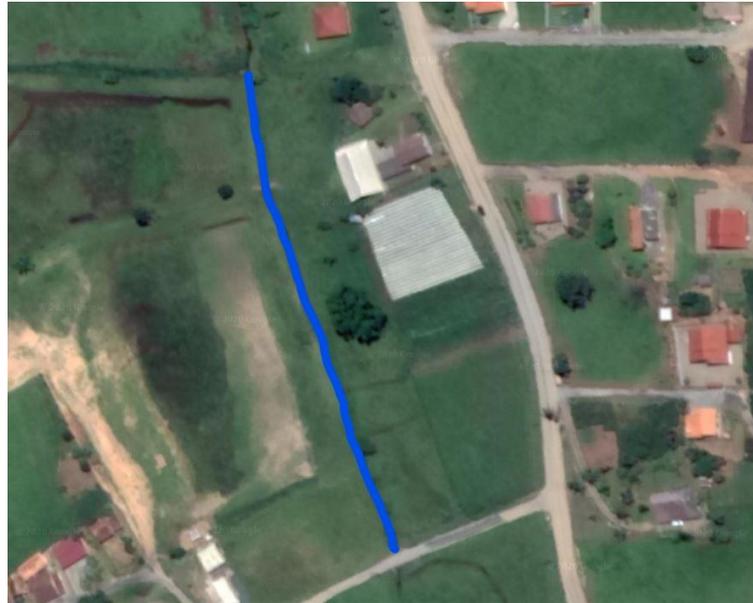
O objetivo do exemplo de aplicação prática tem como fim de utilizar os conhecimentos visto até agora neste trabalho, os exemplos e dados que serão demonstrados tem total fim didático para que fique mais visível todos os passos de viabilização de PCH ou nesse caso, a implantação de uma MICRO geração por causa da demanda energética da propriedade rural. O dimensionamento se enquadra em uma micro geração sendo assim, a propriedade gera sua própria energia para se manter e diminuir a conta de luz, também contribuindo para que quando ocorra a falta de energia elétrica fornecida pela concessionária tenha uma opção de fornecimento da geração hidrelétrica para serviços essenciais (resfriamentos).

4.1 Dados e Cálculos

Em uma propriedade rural do município de Agronômica - SC foi o cenário escolhido para o estudo de viabilidade de implantação de geração de energia hidrelétrica que tem um demanda de energia aproximada de 616 KW/H pois a propriedade é cruzada por um rio de

pequeno porte que tem uma estimativa de queda BAIXA, ou seja, menor do que 15m. Os fatores a serem analisados primeiramente é a capacidade de fluxo de água (vazão média) e queda no local, para os cálculos foram usados dados aproximados pela falta de aplicação.

Figura 8- Propriedade Rural



FONTE: (Google Earth)

Dados do rio;

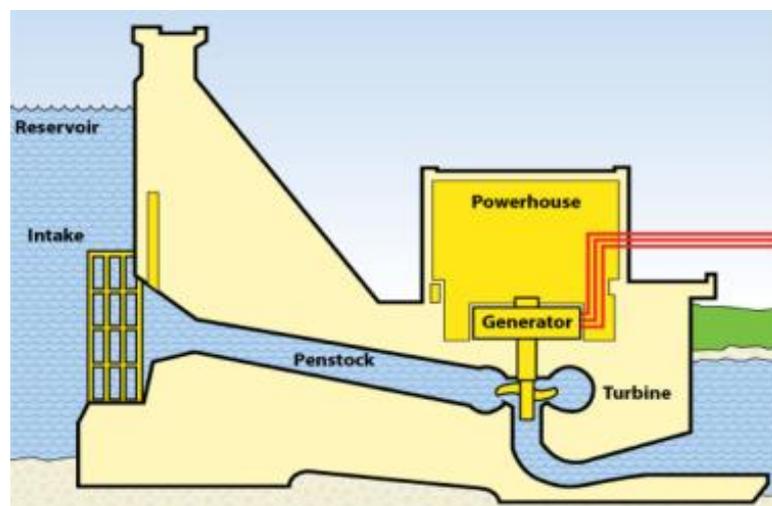
Vazão: 2,85 m³/s

Largura Média: 3 metros

Profundidade Média: 1,5 metros

Queda estimada: 3,5 metros

Figura 2 – Obra Civil



Fonte: ScienceDirect.com

Com o auxílio de uma garrafa pet e de um cronometro e desconsiderando as irregularidades do fundo do rio, constatamos que a vazão do rio é de $2,85\text{m}^3/\text{s}$ como demonstrado no cálculo abaixo:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = 1,5 \cdot 1,9 = 2,85\text{m}^3/\text{s}$$

A= Área (m^2)

v= Velocidade da água (m/s)

Para a implantação de PCHs, é muito importante observar o melhor aproveitamento do potencial energético da hidrovia conforme fluxograma de implantação das PCHs.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Q= Vazão (m^3/s)

H= Queda (m)

P= Potência Hidráulica (W)

A topografia local possibilita a implantação de um cano adutor que leva a uma casa de máquina aonde fica todo o aparato gerador necessário, a turbina escolhida nesse caso é um pheltom por melhor se enquadrar com o volume de água e vazão; Com a aplicação dos cálculos de Potência Hidráulico cheguei a um resultado de aproximadamente 86kW de potencial geração hidrelétrica, considerando um fluxo constante de vazão e fluxo de água.

5. CONCLUSÃO

Concluo com os dados obtidos no estudo de caso que infelizmente não vale a pena implantar uma micro geração de energia nesta propriedade em vista que cada vez mais se torna mais viável a implantação de um sistema solar que precisa de muito menos burocracias e cada vez mais tem competitividade maior de custo em relação à PCHs e CGHs.

Ressalto minha observação que o potencial de geração tem total relação com a queda da água pelo fato de que nesse aspecto essa propriedade por motivos topográficos não consegue atingir um nível de queda d'água necessário para uma geração eficiente e coerente.

O objetivo deste artigo científico foi analisar os benefícios e a viabilidade de implantação de uma PCH ao invés de uma UHE. Por meio de embasamento teórico visto neste trabalho que sugere vários benefícios de uma PCH, tanto ambiental e social quanto econômica para uma região.

O Brasil tem um potencial absurdo porem essa vantagem não serve de tanta coisa assim pois ainda não foi usada para aumentar de forma relevante nossas exportações de energia, o que pode ser devido à publicidade negativa de que os países que o Brasil compra combustível para nossas usinas térmicas, parece que de uma forma não estão de acordo com a geração hidrelétrica. Afinal, quanto menos água armazenamos e usamos, mais diesel ou materiais para termoelétricas precisamos comprar para suprir a demanda.

REFERÊNCIAS

ALBARELLO, Leonardo. **GUIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS – PCHs**. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Panambi, Rio Grande do Sul, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

ELETOBRÁS. **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)**. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2000.

BARIERIM, Alex. **Projeto de uma Micro Central Hidrelétrica para Propriedade Rural**. Centro Universitário Luterano de Palmas, CEULP/ULBRA. 2005. Palmas/TO

BATTISTON, Cristiane Collet. **INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FÍSICOS NO DIMENSIONAMENTO DE CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO SIMPLES DE USINAS HIDRELÉTRICAS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Pesquisas Hidráulicas.2005 – Porto Alegre/RS

OLIVEIRA, Bruno Alexandre de - **Conhecendo os componentes de uma usina hidrelétrica [livro eletrônico] / Bruno Alexandre de Oliveira**. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2017.

REGET, Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET e-ISSN 2236 1170 <<http://dx.doi.org/10.5902/223611709124> > v. 13 n. 13 Ago. 2013, p. 2774- 2784<

SOARES JÚNIOR, Ricardo Luiz Soares. **PROJETO CONCEITUAL DE UMA TURBINA HIDRÁULICA A SER UTILIZADA NA USINA HIDRELÉTRICA EXTERNA DE HENRY BORDEN** - UFRJ/Escola Politécnica – Rio de Janeiro/RJ, 2013

FRIEDRICH, P. G. **Benefícios Econômicos e Sociais das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Manual de Inventário Hidroelétrico** / Ministério de Minas e Energia, CEPEL. – Rio de Janeiro, 2007.

MARCHI, Gabriel Nunes – **Análise das PCH's antes e após a criação da ANEEL/ Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo**, 2010.

MAMEDE, Mathias Mamede Borges – **Pequenas centrais hidrelétricas e o programa de PCH's do Brasil** / Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 2015.

DAMASCENO, Isabelle Aparecida Damasceno - **A PCH Pai Joaquim no Contexto de Grandes Empreendimentos Hidrelétricos no rio Araguari-MG/ Universidade Federal de Uberlândia Instituto de Geografia - Uberlândia/Minas Gerais**, 2011.

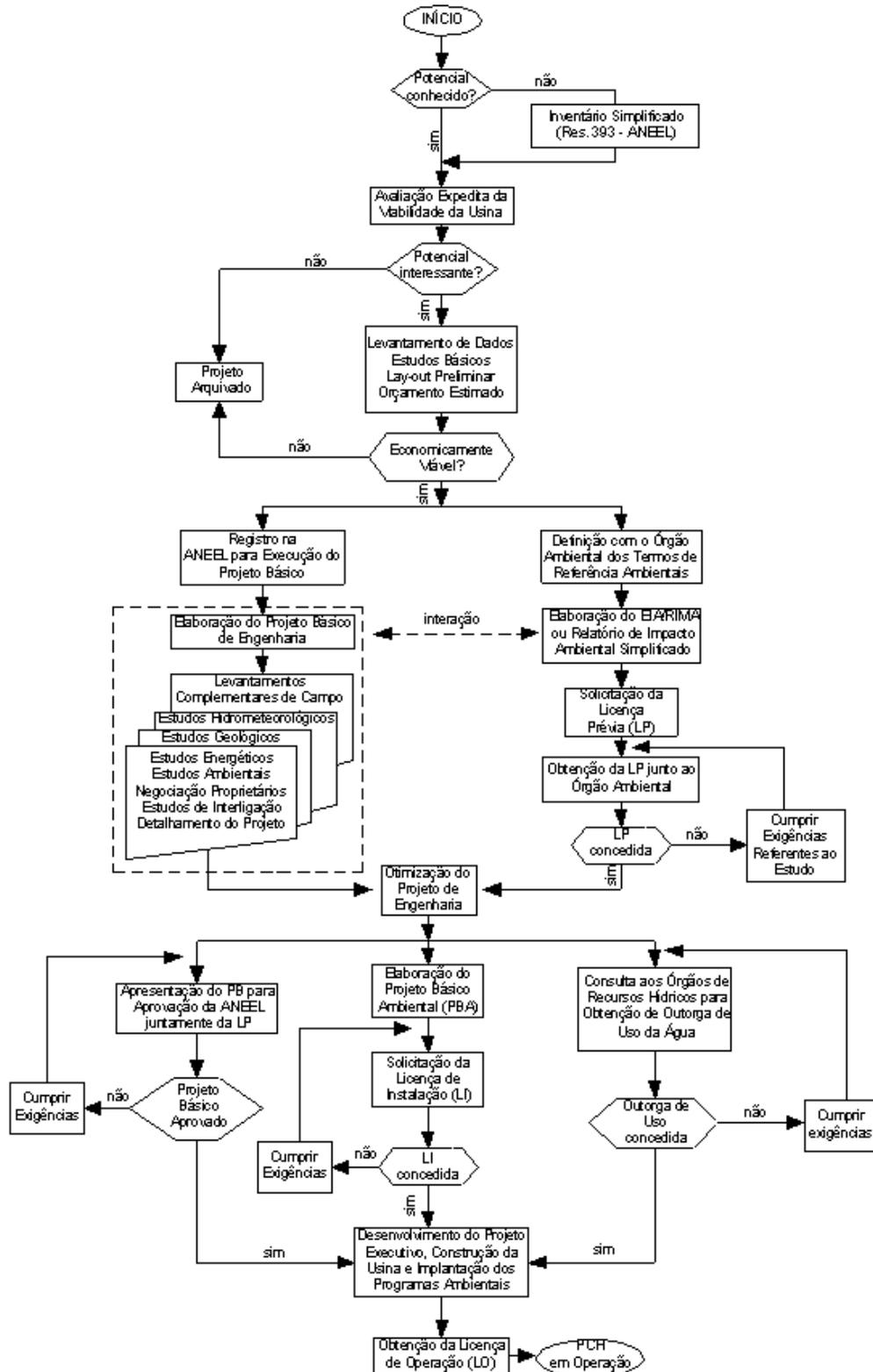
Bajay, S.; Jannuzzi. Gilberto M.; Heideier, R. B.; Vilela, I. R.; Paccola, J. A.; Gomes, R. - **Geração distribuída e eficiência energética** / International Energy Initiative – IEI Brasil, Campinas, 2018.

Siqueira, Ricardo Barbosa Posch - **Construção de diagramas de custos para PCH incorporando turbinas de mercado** / Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

CARVALHO, Elissa Soares de - **PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE UM GERADOR SÍNCRONO DE POLOS LISOS** / Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis-SC, 2011

ANEXOS

FLUXOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA PCH



Fluxograma de Implantação de uma PCD – Fonte: ELETROBRÁS