



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JARBAS MARIZ MEDEIROS

**PANORAMA ATUAL E VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE
NOVAS PCHS**

Campina Grande, Paraíba
Abril de 2015

JARBAS MARIZ MEDEIROS

PANORAMA ATUAL E VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE NOVAS PCHS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc..

Campina Grande, Paraíba
Abril de 2015

JARBAS MARIZ MEDEIROS

PANORAMA ATUAL E VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE NOVAS PCHS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade
Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Aos meus pais e irmã que com carinho, incentivo, dedicação e muito amor me mostraram a necessidade de estudar, e fizeram de tudo para amenizar as dificuldades, chatices, incoerências e burocracias desse período.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais Leopoldo e Sandra, pelo apoio e incentivo desde o primeiro dia que sai de casa, por viverem de uma forma exemplar, fazendo com que eu tenha uma boa educação, por me incentivarem a buscar meus objetivos, por me obrigarem a estudar e principalmente pelo amor incondicional que me dão.

Agradeço a minha irmã Marina, que desempenhou um papel similar ao dos meus pais, além de tudo que foi descrito no parágrafo acima, é minha parceira em todos os sonhos, que não de se tornar realidade.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para me ajudar a chegar ao fim dessa etapa.

A todos os meus tios e tias que dedicaram vários momentos durante esses cinco anos para me dar carinho e amor das mais diversas formas, cuidaram de mim como um filho.

A todos amigos e colegas que fizeram minha vida mais feliz durante a graduação, principalmente aos mais próximos que fizeram do edifício onde eu moro uma grande república.

A Universidade Federal de Campina Grande por ter me dado um grande presente, minha namorada Gabriela, que me deixa feliz desde o dia que conheci.

Agradeço aos meus Professores, por seus atos, palavras, opiniões e decisões que me fizeram desenvolver um senso crítico mais apurado e principalmente me fizeram buscar viver a vida de forma diferente da de vocês.

Aos Mestres e Educadores, que não foram tão abundantes quanto os Professores, mas que fizeram o tempo passar rapidamente enquanto falavam, com vocês eu aprendi sobre a vida, com os outros eu aprendi apenas o que está nos livros.

Ao meu orientador Leimar, pelo suporte no tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e conversas agradáveis.

A deus por minha vida, família e amigos.

“Poucas coisas na vida são absolutamente verdadeiras, mas uma delas é que o tempo que gastamos nunca pode ser resgatado”

Peter O’connor.

RESUMO

O trabalho tem o objetivo de abordar as principais dificuldades referentes a instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica, abordando as licenças ambientais necessárias para o projeto poder ser executado, as possibilidades de financiamento, o potencial já estudado e o potencial teórico da geração de energia em PCHs. Uma breve revisão bibliográfica define o que é uma PCH e apresenta o panorama atual das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Sistema Elétrico Brasileiro. Na conclusão ressalta-se a viabilidade de implantação de novos empreendimentos desse tipo no país, levando em conta os aspectos abordados no trabalho.

Palavras-chave: PCH, Potencial Hidrelétrico, Licenças Ambientais, Financiamento, Matriz Energética.

ABSTRACT

The aim of this paper is to approach the main difficulties referring to the installation of a Small Hydro, discussing the needed environmental permits to launch the project, the funding possibilities, the potential already studied and the general Small Hydro's theoretical energy generation potential. A brief bibliographic review defines what is a Small Hydro e presents the current situation of this energy source in the Brazilian Electric System. The conclusions are that is currently viable the settlement of new enterprises of this nature in Brazil, taking account the main topics argued in this paper.

Keywords: Small Hydro, Hydroelectric Potential, Environmental Permit, Funding, Energy Matrix.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Potência em Função da Queda e da Vazão.....	18
Figura 2. Exemplo Turbina Pelton	19
Figura 3. Exemplo Turbina Pelton 2	20
Figura 4. Tomada D'água Turbina Francis	21
Figura 5. Esquema Turbina Kaplan S.....	22
Figura 6. Esquema Turbina Bulbo.....	23
Figura 7. Potencial hidrelétrico brasileiro	25
Figura 8. Evolução da Capacidade instalada	26
Figura 9. Fluxograma Estudos Ambientais	27
Figura 10. Roteiro geral do licenciamento ambiental.....	33
Figura 11. PCH-COM	37
Figura 12. Fluxograma PCH-Com.....	37
Figura 13. Distribuição das usinas hidrelétricas no país, de acordo com o potencial instalado	39
Figura 14. Potencial por Região	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das PCHs quanto à queda de projeto	16
Tabela 2. Avaliação de Impacto Ambiental IBAMA	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BIG – Banco de Informações da Geração

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA – Estudo dos Impactos Ambientais

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras

GW – Gigawatt

H – Altura Líquida da Queda

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

KW - Kilowatt

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

m - Metro

MW - Megawatt

PBA – Projeto Básico Ambiental

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PNE – Plano Nacional de Energia

RAP – Relatório Ambiental Preliminar

Q – Vazão em m³/s

RIMA – Relatório dos Impactos Ambientais

SIN – Sistema Interligado Nacional

TJLP – Taxa de Juros De Longo Prazo

TJ3 – Taxa de Juros de Referência de 3 Meses

TJ6 – Taxa de Juros de Referência de 3 Meses

TS – Taxa Selic

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	viii
Lista de Ilustrações.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
Sumário	xii
1 Introdução.....	13
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Estrutura do Trabalho	14
2 Revisão Bibliográfica	15
2.1 O conceito de PCH.....	15
2.2 Os tipos de PCH.....	16
2.3 As Turbinas Hidráulicas	17
2.3.1 Seleção do Tipo de Turbina.....	17
2.3.2 Turbina Pelton	18
2.3.3 Turbina Francis Caixa Espiral	20
2.3.4 Turbina Francis Caixa Aberta.....	21
2.3.5 Turbina Kaplan S.....	22
2.3.6 Turbina Bulbo com Multiplicador	23
2.4 Sistema Elétrico Brasileiro e Panorama das PCHs	23
3 Aspectos Ambientais	27
3.1 Relatório Ambiental Preliminar	29
3.2 Estudos Ambientais Simplificados	30
3.3 Estudos de Impactos Ambientais.....	30
3.4 Projeto Básico Ambiental	32
3.5 Principais Documentos Legais.....	32
3.6 Impactos Ambientais e Sociais	34
4 Financiamento	36
5 Expansão PCHs	39
6 Conclusão	42
Bibliografia.....	43

1 INTRODUÇÃO

As matrizes renováveis de energia têm uma série de vantagens frente as matrizes não renováveis, a mais importante destas é o fato do recurso utilizado para geração de energia permanecer na natureza e, portanto poder ser reutilizado. No Brasil cerca de 75% da energia produzida é gerada através do potencial hidráulico e de acordo com o Statistical Review of World Energy de 2008 o país é a segunda nação mais dependente da energia hidrelétrica do mundo, perdendo apenas para a Noruega.

O aproveitamento da energia hidráulica é resultado da irradiação solar e da energia potencial gravitacional, visto que esses dois fenômenos são os responsáveis por provocarem a evaporação, a condensação e a precipitação da água na terra possibilitando as condições de vazão e altura de queda necessária para movimentar as máquinas.

As pequenas centrais hidrelétricas contribuem com 2,68% da energia no país mas existe um potencial a ser explorado que pode elevar esse número até valores próximos de 7%. As primeiras PCHs foram instaladas no Brasil nas décadas de 30 e 40 e desde então apresentam uma oportunidade de crescimento de produção de energia com pouco dano ao meio ambiente e sem a necessidade de investimentos tão elevados como nas construções de Grandes Centrais Hidrelétricas. Atualmente de acordo com dados da Aneel estão em operação no Brasil 473 PCHs com potência outorgada de 4,7 mil MW, além disso estão sendo construídas 39 pequenas centrais com potência de 428 MW.

1.1 OBJETIVOS

As pequenas centrais hidrelétricas representam uma oportunidade de investimento em longo prazo excelente, apresentam impactos socioambientais reduzidos, já que a grande maioria dessas usinas são instaladas em regiões de baixa densidade populacional e os reservatórios de água são pequenos. Problemas comuns nas grandes centrais como perdas na transmissão de energia elétrica devido as grandes linhas de transmissão geralmente não existem nas PCHs visto que em muitos casos a linha que sai da usina é diretamente ligada no sistema de distribuição, além disso as normas e resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica permitem que a energia entre no sistema elétrico

nacional sem que o empreendedor pague as taxas de uso das redes de transmissão e distribuição bem como a isenção de pagamento de royalties aos municípios onde se localizam pela exploração dos recursos.

Neste trabalho serão abordados os diferentes tipos de PCHs fazendo uma análise detalhada das licenças ambientais, possibilidades de financiamento, do inventário dos rios Brasileiros e da necessidade de produção de energia visando a viabilidade de instalação de novas pequenas centrais.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho começa apresentando o sistema elétrico brasileiro como introdução para embasar o estudo das PCHs, após isso será abordado temas que são essenciais para analisar a viabilidade de instalação de novas pequenas centrais.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica abordando os principais tipos de pequenas centrais hidrelétricas, levando em conta o tipo de rio e altura da queda d'água necessária para instalação de cada tipo de máquina e as turbinas hidráulicas mais utilizadas na instalação de pequenas centrais. Além disso, será mostrado o panorama atual das PCHs no sistema elétrico brasileiro.

No capítulo 3 são abordadas as licenças ambientais necessárias para instalação de uma PCH e também será mostrada a diferença dos impactos ambientais entre as usinas tradicionais e as pequenas centrais.

No capítulo 4 é abordado os programas de financiamento para Pequenas Centrais Hidrelétricas do BNDES.

No capítulo 5 é apresentada a situação atual da capacidade de produção de energia hidroelétrica no país, mostrando a possibilidade de crescimento das PCHs.

Por fim, o capítulo 6 é conclusivo. Ressalta as principais vantagens de se investir em Pequenas Centrais Hidrelétricas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CONCEITO DE PCH

O conceito de PCH foi primeiramente definido em 1982 no Manual de Usinas Hidrelétricas da ELETROBRÁS, e citava que para a usina ser considerada PCH a potência instalada total deveria estar compreendida entre 1,0 MW e 10 MW. Além disso a capacidade do conjunto turbina-gerador deveria estar compreendida entre 1,0 MW e 5,0 MW, não deveria existir obras em túneis, a altura máxima das estruturas de barramento do rio não deveria ultrapassar 10m e a vazão de dimensionamento da tomada d'água fosse igual ou inferior a 20 m³/s.

Em 04/12/98 a Resolução da ANEEL - 394 estabelece que a partir de então os empreendimentos que têm potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km² para a cheia centenária serão considerados Pequenas Centrais Hidrelétricas, fazendo não valer mais as limitações propostas anteriormente no Manual de Usinas Hidrelétricas de 1982.

Em 2003 a ANEEL através da Resolução 652 altera o limite máximo da área do reservatório, caso o limite de 3,0 km² seja excedido, o aproveitamento ainda será considerado PCH caso atenda pelo menos uma das seguintes condições:

I – A inequação seja atendida:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{H_b} \quad (1)$$

Onde:

P = potência elétrica instalada em (MW);

A = área do reservatório em (km²);

H_b = queda bruta em (m), definida pela diferença entre os níveis de d'água máximo normal de montante e normal de jusante;

II – Reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

Mesmo que a primeira condição seja atendida, existe ainda a necessidade que a área do reservatório não ultrapasse 13,0 km².

Na realidade essa evolução tenta compatibilizar a dimensão dos empreendimentos com as políticas ambientais e com o interesse da geração de energia elétrica.

2.2 OS TIPOS DE PCH

As pequenas centrais hidrelétricas são classificadas de acordo com três características básicas: quanto à capacidade de regularização do reservatório, quanto ao sistema de adução, quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto.

Os tipos de PCH, quanto à capacidade de regularização do reservatório, são: a fio d'água ou de acumulação com regularização diária ou regularização mensal.

A PCH a fio d'água é instalada em rios onde as vazões de estiagem são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda prevista. Nesse tipo de central o sistema de adução deverá conduzir a descarga necessária para fornecer a potência para as máquinas e o vertedouro estará aberto sempre que a vazão do rio esteja maior do que o necessário para atender a demanda máxima das máquinas. Nesse tipo de PCH não é necessário estudar a sazonalidade da carga elétrica do consumidor, assim como os estudos de regularização de vazão são dispensados. Como as áreas inundadas são bastante reduzidas, o custo de indenização é pequeno.

As PCHs de acumulação são empregadas quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência para as máquinas suprirem a demanda do consumidor. As pequenas centrais podem apresentar regularização diária ou mensal do reservatório.

Quanto ao sistema de adução, são considerados dois tipos de PCH: adução em baixa pressão com escoamento livre em canal / alta pressão em conduto forçado ou adução em baixa pressão por meio de tubulação / alta pressão em conduto forçado.

O último fator a ser analisado é a queda de projeto, as centrais tem sua queda classificada de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO DAS PCHS QUANTO À QUEDA DE PROJETO

Baixa	Média	Alta
$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

[Fonte: Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas]

2.3 AS TURBINAS HIDRÁULICAS

As turbinas hidráulicas são projetadas para transformar a energia mecânica de um fluxo de água em potência de eixo, essas turbinas são acopladas a um gerador elétrico que é conectado ao sistema de transmissão ou distribuição de energia. Existem quatro grandes tipos principais de turbinas hidráulicas, são elas: Pelton, Francis, Kaplan e Bulbo, cada uma tem características específicas no que diz respeito a operação, sendo a queda d'água e a vazão disponíveis os fatores que mais influenciam na tomada de decisão técnica da turbina ideal para cada empreendimento.

No caso particular das PCHs a facilidade de operação e manutenção bem como a disponibilidade de reposição de peças devem também ser levadas em consideração visto que essas tem tendência a operarem de forma não assistida. A potência fornecida pelo conjunto turbina-gerador é proporcional ao produto da queda (H) e da vazão volumétrica (Q).

2.3.1 SELEÇÃO DO TIPO DE TURBINA

De acordo com as Diretrizes para instalação de novas PCHs a escolha preliminar do tipo de turbina a ser utilizado na instalação deve levar em conta a queda líquida ou altura (m) e a vazão disponível de projeto por turbina (m^3/s), assim é possível obter a potência estimada (kW) na saída, para isso basta interpolar os valores das linhas oblíquas na Figura 1. As turbinas ainda diferem no que diz respeito a posição do eixo, que pode ser instalado tanto na vertical como na horizontal, normalmente nas pequenas centrais as turbinas são fabricadas com eixo na horizontal, na Figura 1 é mostrado o tipo de turbina específico para cada situação, nos casos onde mais de um tipo de turbina seja possível, a escolha vai ser influenciada por outros fatores como preço e prazo de entrega do fornecedor.

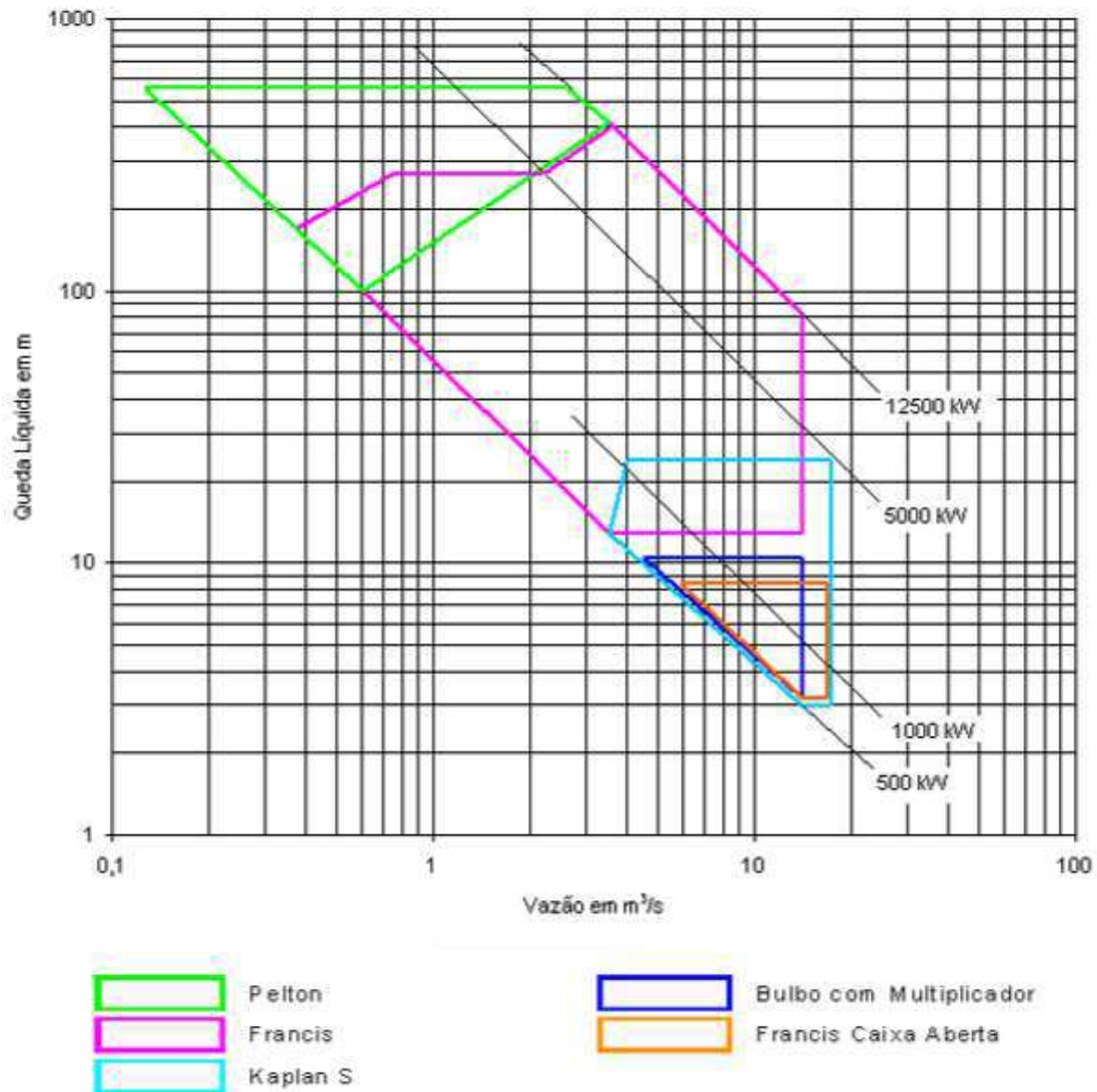


FIGURA 1. POTÊNCIA EM FUNÇÃO DA QUEDA E DA VAZÃO [Fonte: Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas]

2.3.2 TURBINA PELTON

De acordo com dados já apresentados, a turbina Pelton nas pequenas centrais atende a quedas de 100 a 500 m e fornece potências de 500 a 12500 kW, essa turbina apresenta ótimo desempenho na operação sob cargas parciais, funcionando suavemente e praticamente sem cavitação até 20% da carga nominal, e até mesmo abaixo desse valor caso sejam utilizados um maior número de jatos. A turbina Pelton em PCHs normalmente opera com um ou dois jatos, no entanto caso se tenha vazões grandes e/ou se tenha necessidade de conseguir velocidade de rotação maior, o arranjo poderá ser feito com mais jatos.

A turbina Pelton é uma turbina hidráulica de ação, ou seja, funciona à pressão atmosférica, a energia potencial de queda é transformada em energia cinética no jato injetor e logo em seguida é convertida em energia elétrica no rotor da turbina, a Pelton é caracterizada por um rotor com pás ou conchas na periferia e por uma tubulação de adução alimentando um ou mais injetores, os jatos d'água provenientes dos injetores se chocam com as pás do rotor e geram o impulso que faz com que haja o movimento necessário para geração de energia.

A vazão turbinada é controlada por meio de uma agulha móvel disposta no interior de cada injetor, fazendo assim o controle da potência desenvolvida pelo gerador. O funcionamento é exemplificado nas Figura 2 e Figura 3.

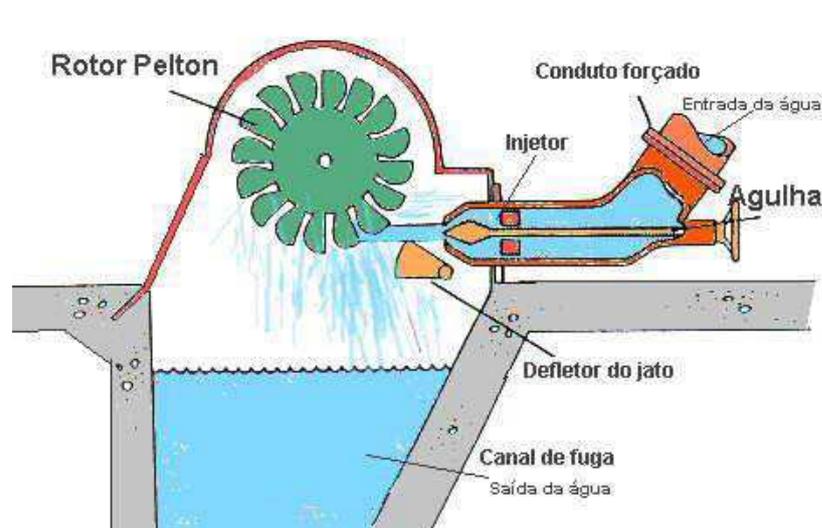


FIGURA 2. EXEMPLO TURBINA PELTON [Fonte: Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e micro centrais hidráulicas]

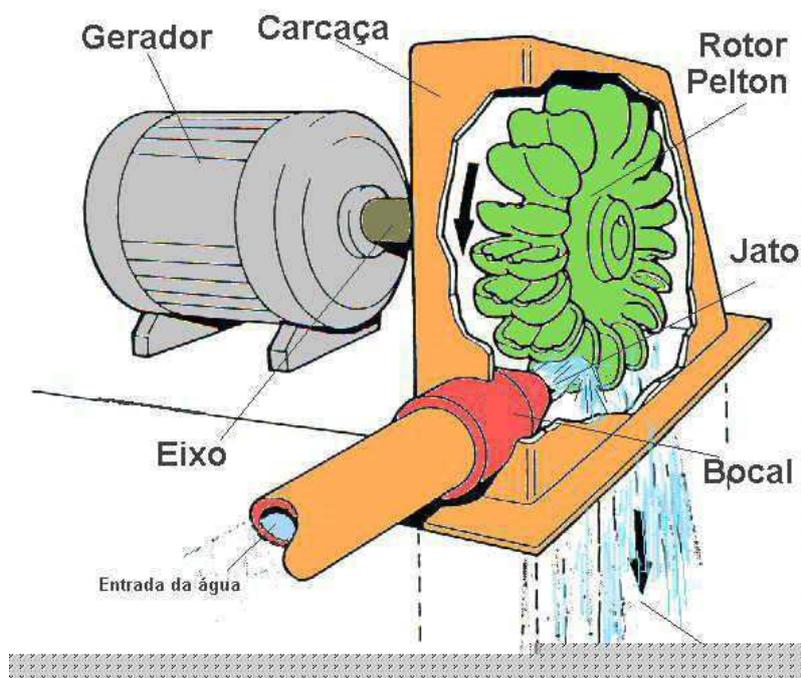


FIGURA 3. EXEMPLO TURBINA PELTON 2 [Fonte: Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e micro centrais hidráulicas]

Encontram-se no Brasil várias centrais hidrelétricas utilizando o sistema Pelton, principalmente no campo das pequenas centrais, porém o número é bastante reduzido quando comparado com as tradicionais Francis e Kaplan.

2.3.3 TURBINA FRANCIS CAIXA ESPIRAL

A aplicabilidade da turbina Francis é mais abrangente, levando em conta a Figura 1, a turbina Francis atende quedas de 15 a 400 m e fornece potências de 500 a 12500 kW. Assim como a turbina Pelton, a Francis possui boas características de desempenho sob cargas parciais, opera adequadamente com valores de 70 a 50% da carga nominal. Na Figura 4 é mostrado o sistema de tomada d'água da turbina Francis caixa espiral ou caracol.

A turbina Francis é uma turbina de reação, ou seja, funcionando com uma diferença de pressão entre os dois lados do rotor, a turbina pode ser projetada tanto com o eixo na horizontal quanto na vertical, o arranjo com o eixo na horizontal e a roda trabalhando verticalmente é o mais utilizado nas pequenas centrais. O arranjo da caixa espiral é feito colocando-se uma caixa espiral ligada a um conduto forçado a montante da turbina, dentro da caixa espiral existe um anel rígido que suporta as pás fixas do pré-distribuidor, a variação de potência fornecida pela turbina é obtida com a abertura ou fechamento das palhetas situadas dentro do pré-distribuidor em um conjunto chamado

distribuidor. Grande parte da energia hidrelétrica gerada no Brasil é gerada usando a turbina Francis.

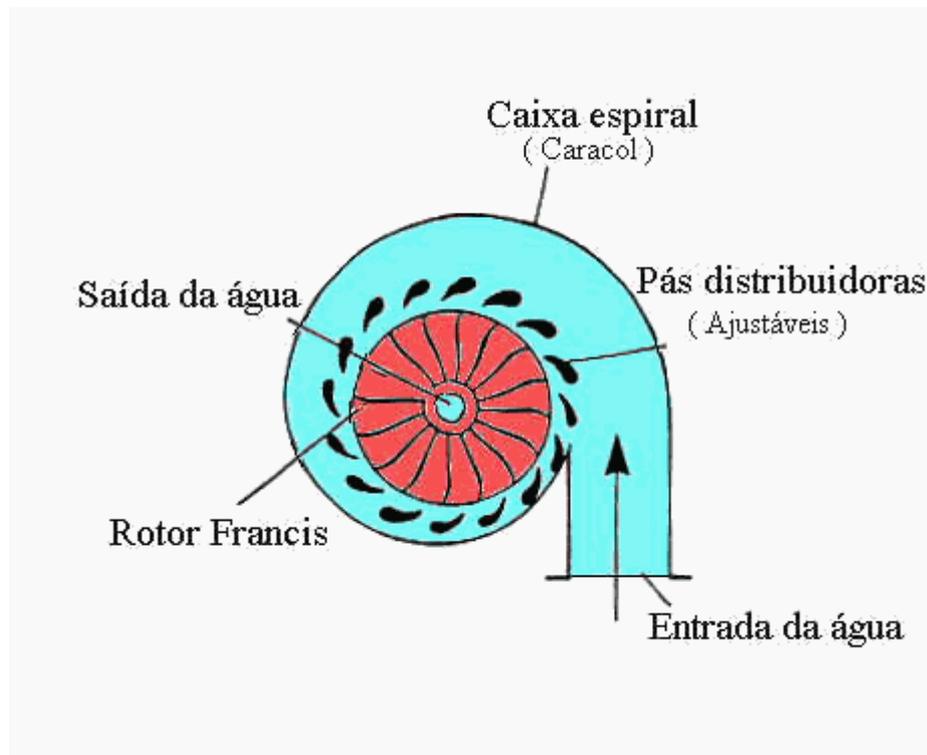


FIGURA 4. TOMADA D'ÁGUA TURBINA FRANCIS [Fonte: Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e micro centrais hidráulicas]

2.3.4 TURBINA FRANCIS CAIXA ABERTA

No caso da turbina Francis caixa aberta, a ausência de caixa espiral e conduto forçado fazem a concepção ser mais simples e o custo do equipamento ser menor. Essa turbina é viável para baixas quedas, de até 10 m e fornece potências que variam de 500 a 1800 kW, essa turbina no entanto deve ser utilizada com cuidados e reservas extras dado seu baixo rendimento.

A turbina Francis caixa aberta tem o rotor, o distribuidor e às vezes, o tubo de sucção situado dentro de uma câmara que tem comunicação direta com a tomada d'água, o arranjo pode ser feito com eixo vertical ou horizontal, o controle da vazão e conseqüentemente da potência fornecida é feito por um distribuidor que se assemelha ao da turbina Francis com caixa espiral.

Com o eixo vertical, duas soluções são viáveis: o distribuidor da turbina apoiado na laje inferior, ou então, apoiado na laje superior. Nesse segundo caso, como no caso de

eixo horizontal, torna-se necessário prever uma tampa estanque entre a câmara da turbina e o recinto onde se localiza o gerador.

2.3.5 TURBINA KAPLAN S

A turbina Kaplan S assim como a turbina Francis é uma turbina de reação. Apresenta o tubo de sucção no formato da letra “S” e por isso tem esse nome, ela pode ser instalada na posição de eixo horizontal ou inclinado, sendo o primeiro arranjo mais utilizado. A aplicabilidade dessa turbina se dá em quedas de 4 a 25 m e fornece potências de 500 a 5000 kW, com uma vazão de água variando de 1 a 22,5 m³/s.

As características de operação variam de acordo com o arranjo de montagem, caso o arranjo utilizado seja o de dupla regulação, ou seja, com pás reguláveis no rotor e distribuidor também regulável, a faixa de operação varia de 100% até 20% da carga nominal, caso o distribuidor seja fixo o limite inferior de operação se limita a 40% da carga nominal. Caso o rotor tenha pás fixas, a carga pode variar apenas na faixa de 100% a 80% da carga nominal. Na Figura 5 é possível observar o formato em “S” da turbina.

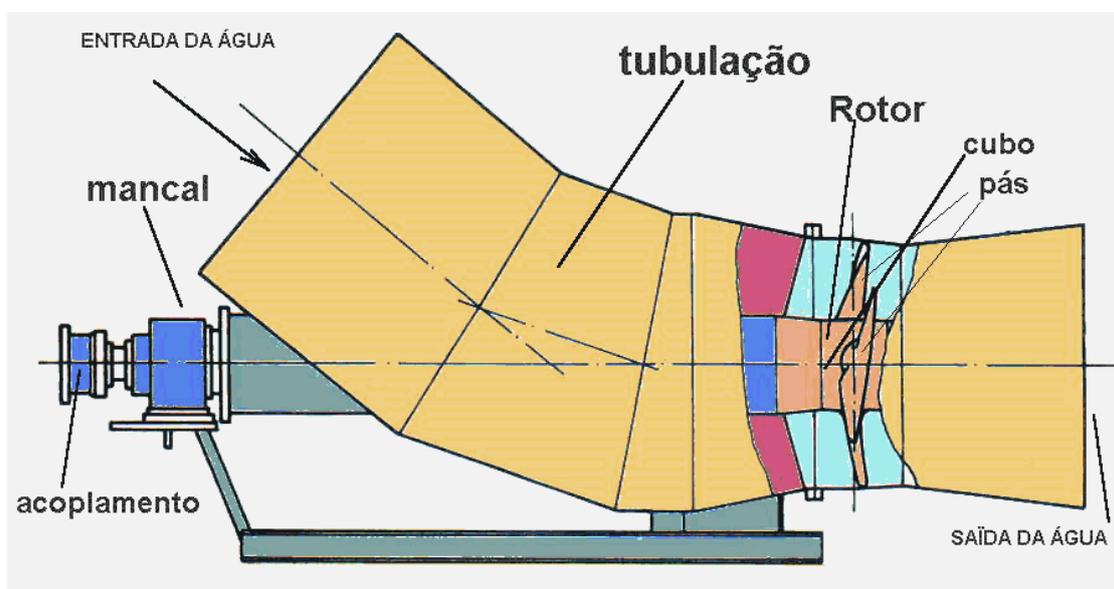


FIGURA 5. ESQUEMA TURBINA KAPLAN S [Fonte: Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e micro centrais hidráulicas]

2.3.6 TURBINA BULBO COM MULTIPLICADOR

A turbina Bulbo é uma turbina de reação do tipo Kaplan, sendo utilizada para as quedas mais baixas, esse nome vem do fato do conjunto turbina-gerador ser instalado no interior de uma cápsula chamada bulbo. A turbina Bulbo com multiplicador atende quedas de 4 a 12 m e fornece potência de até 1700 kW, ela é utilizada como uma alternativa à turbina “S”, o seu arranjo de montagem inclui um multiplicador de velocidade para que o gerador fique com eixo a 90 graus do eixo da turbina, que normalmente se encontra na posição vertical.

Essa turbina apresenta uma ótima flexibilidade de operação, trabalha satisfatoriamente sob cargas de até 10% da carga nominal. O multiplicador de velocidade é o fator limitante a potência da turbina. A turbina Bulbo apresenta-se como uma solução compacta da turbina Kaplan, o gerador é montado na mesma linha da turbina em posição horizontal ou quase horizontal. O esquema é mostrado na Figura 6.

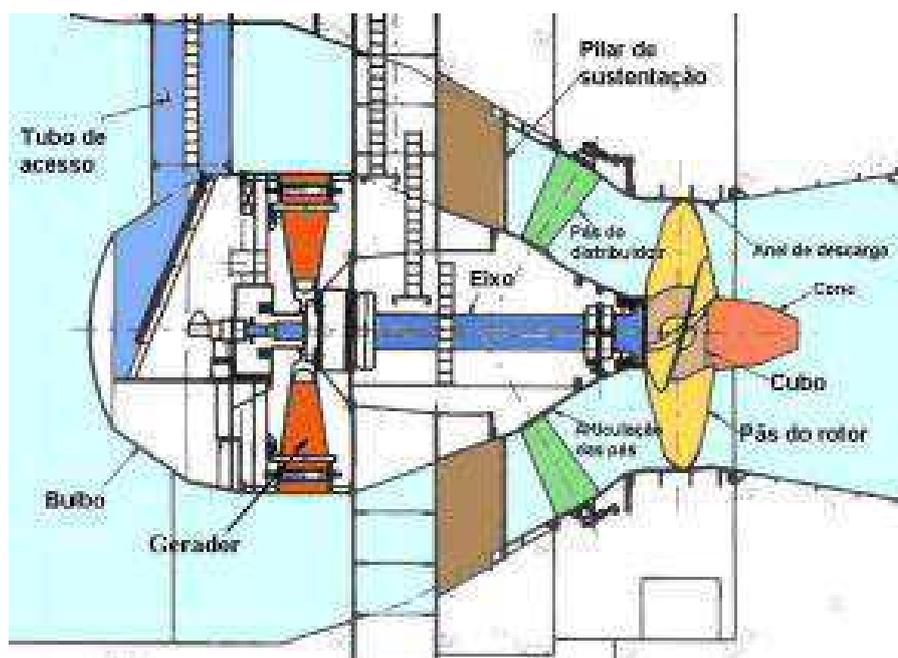


FIGURA 6. ESQUEMA TURBINA BULBO [Fonte: Tipos de turbinas hidráulicas aplicadas às pequenas, mini e micro centrais hidráulicas]

2.4 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO E PANORAMA DAS PCHS

O Brasil hoje apresenta quatro grandes subsistemas de energia elétrica, Subsistema Sudeste/Centro-Oeste, Subsistema Sul, Subsistema Nordeste e Subsistema

Norte, todos os subsistemas são interligados entre si, permitindo que seja controlada a geração de energia em todo o país levando em conta fatores como sazonalidade dos rios e ventos, custo de geração e armazenagem de energia potencial nos reservatórios das usinas. Apesar de hoje as PCHs não serem controladas pelo SIN, elas são fonte importante de geração de energia, principalmente por muitas vezes estarem próximas dos centros consumidores.

O Brasil segundo dados estimados do IBGE, 2014 possui uma população aproximada de 202.768.562 habitantes, sendo assim a quinta nação mais populosa do planeta. De acordo com os dados do Censo de 2010, 97,8% dos domicílios brasileiros tem acesso ao serviço de energia elétrica. O crescente consumo de energia no Brasil é impulsionado pelo aumento da população, por inserção de mais habitantes nas classes econômicas com poder de compra e pelo crescimento da economia. Assim as políticas de inclusão social e de redução da desigualdade têm de ser pensadas em paralelo com projetos para aumentar a disponibilidade de energia no país.

Em 2012 o país tinha 43,1% de sua oferta interna de energia proveniente de fontes renováveis, em 2016 a perspectiva é que essa contribuição tenha passado para 44,4% e em 2021 as fontes renováveis sejam responsáveis por 45% da oferta interna de energia de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. Em 2010, a nível mundial as energias renováveis representaram 13% da oferta total, assim observa-se que a matriz energética brasileira é bastante limpa.

Sabendo da importância de crescer a matriz energética do país usando energia renovável, o estudo de pequenas centrais hidrelétricas é peça importante para manter o Brasil com baixos níveis de emissão de gases do efeito estufa.

De acordo com o Banco de Informações de Geração atualizado em 12/03/2015, o Brasil possui no total 3.637 empreendimentos em operação, totalizando 135.154.899 kW de potência instalada. Está prevista para os próximos anos uma adição de 36.243.776 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 192 empreendimentos atualmente em construção e mais 589 com construção não iniciada.

O Brasil é o país com maior potencial hidrelétrico do mundo, 260 mil MW segundo o plano 2015 da Eletrobrás, e de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a aproveitar é de cerca de 126.000 MW. Na Figura 7 é possível notar o potencial hidrelétrico do país por bacia demográfica.

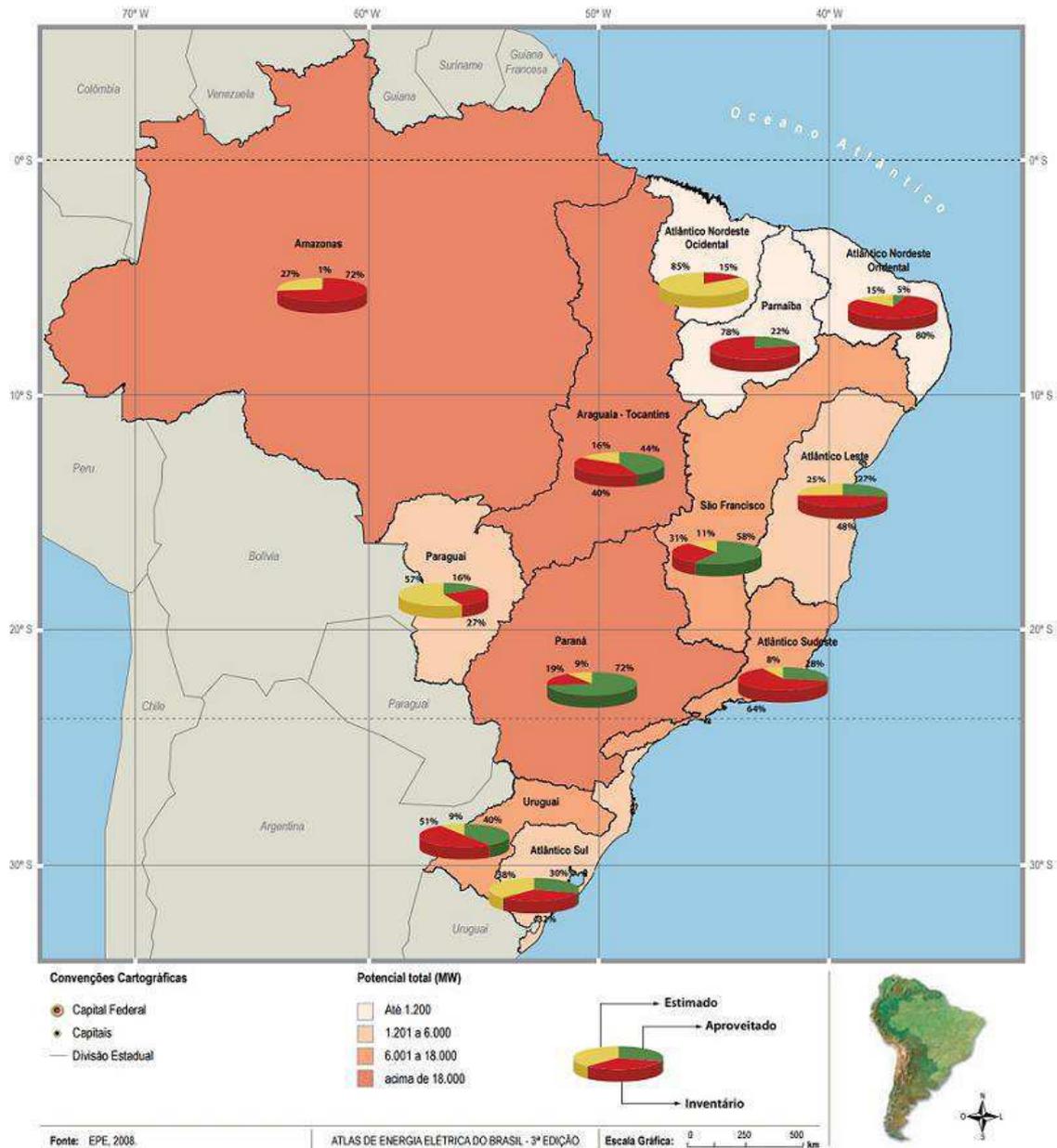


FIGURA 7. POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO [Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil – 3ª Edição]

Atualmente a potência outorgada de pequenas centrais é responsável por 3,53% do total no país, dentre os empreendimentos em construção a parcela é de 1,96% e nos empreendimentos que ainda serão construídos as pequenas centrais hidrelétricas são responsáveis por 13,23% da potência. É notável que a geração de energia advinda de PCHs está crescendo e isso é mostrado pela evolução da capacidade instalada de acordo com o plano decenal 2010-2019, Figura 8. O gráfico apresentado indica os percentuais de contribuição na geração de energia elétrica no Brasil por fonte de geração dos anos de

2010 até 2019, o círculo mais interno representa o ano de 2010 e cada círculo subsequente representa um ano a mais, terminando no ano de 2019.

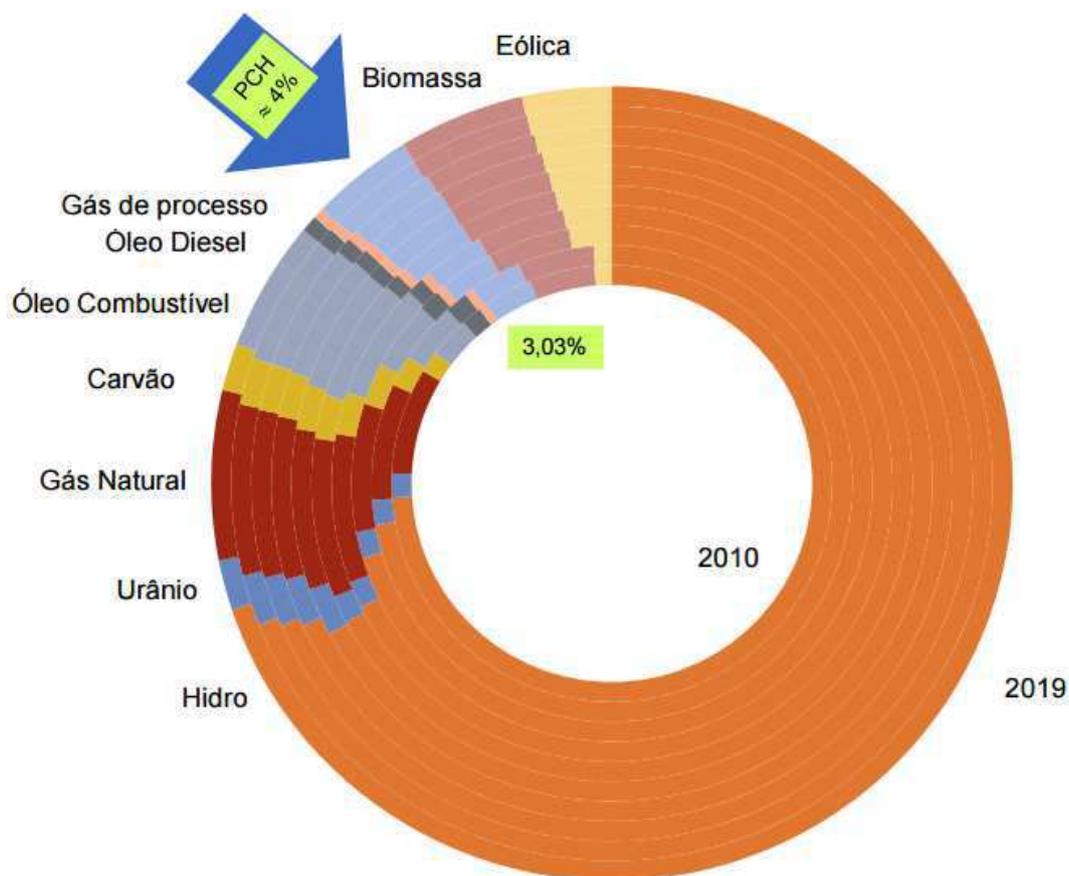


FIGURA 8. EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA [Fonte: Plano Decenal de Energia 2010-2019]

O crescente aumento das pequenas unidades geradoras no momento atual do Brasil tem o papel importante de substituir a geração a partir de combustíveis fósseis, servindo os consumidores com um serviço de alta confiabilidade, emitindo baixas quantidades de gases de efeito estufa e ser uma fonte renovável de energia.

3 ASPECTOS AMBIENTAIS

Uma Pequena Central Hidrelétrica, como qualquer outro empreendimento que impacte o meio ambiente durante sua construção e ou operação requer um estudo preliminar sobre os possíveis impactos ambientais que o mesmo causará. No caso específico de uma PCH, é necessário proteger o ecossistema local, fazer um ressarcimento financeiro para quem vive de alguma atividade na área a ser inundada, dentre outros fatores. De acordo com a legislação vigente, procurou-se dividir os estudos da parte ambiental, em dois tipos de PCH: as que exigirão estudos simplificados e as que demandarão os convencionais e detalhados EIA/RIMA.

Na publicação Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (Eletrobrás, janeiro/2000), é apresentado um fluxograma dos estudos ambientais, como pode-se ver na Figura 9.

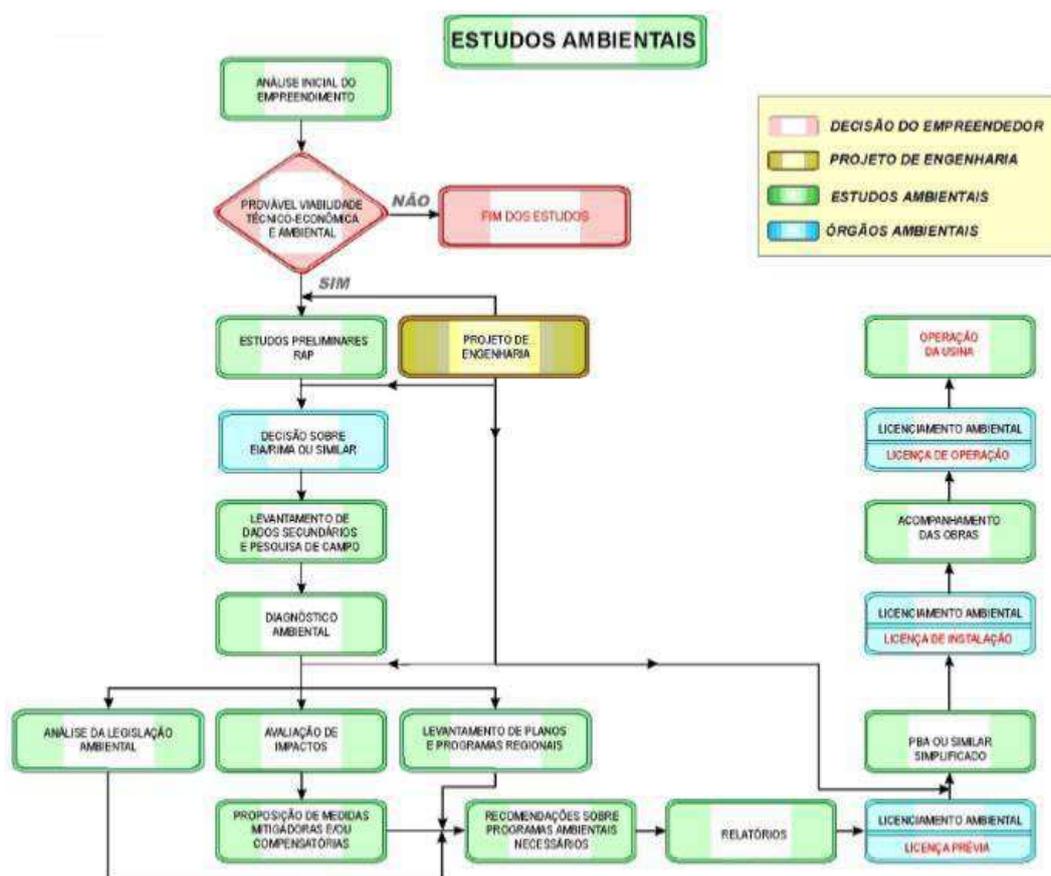


FIGURA 9. FLUXOGRAMA ESTUDOS AMBIENTAIS [Fonte: Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas]

O primeiro passo é a realização de uma avaliação prévia do empreendimento, com levantamentos e análises que permitam indicar a viabilidade ambiental ou não da PCH, caso nesse ponto ela seja considerada viável o estudo é passado a uma segunda etapa, a elaboração do RAP – Relatório de Avaliação Preliminar ou Relatório Ambiental Preliminar, feito esse documento, é necessário o encaminhamento ao órgão ambiental para que seja decidido a necessidade de elaboração de um EIA/RIMA ou de um documento similar, porém mais simplificado. Essa primeira etapa, com elaboração do EIA/RIMA ou similar tem objetivo de liberação da LP – Licença Prévia, que atesta à viabilidade ambiental da PCH.

Cumprida a etapa preliminar, o passo seguinte deverá ser a elaboração de um novo documento, o PBA – Projeto Básico Ambiental, ou um similar simplificado, para que após aprovação seja obtida a LI – Licença de Instalação que autoriza o início das obras. A Licença de Operação (LO) é resultado do cumprimento, durante a construção e nos testes pré-operacionais, do que foi acertado nos documentos anteriores com os órgãos ambientais e a sociedade em geral.

Durante a análise preliminar, deverão ser identificados os aspectos que poderão dificultar e até mesmo inviabilizar a implantação do empreendimento, dentre esses aspectos os principais são:

- Inundação de Terras Indígenas;
- Inundação de áreas de quilombos;
- Inundação de áreas de preservação ambiental legalmente constituídas;
- Inundação de áreas com aglomerações urbanas ou comunidades rurais;
- Reservatórios onde o zoneamento regional ou municipal prevê áreas de expansão urbana ou de conservação ambiental;
- Eliminação de patrimônios naturais;
- Onde houver sensíveis prejuízos para outros usos considerados mais importantes, como abastecimento d'água;
- Áreas tombadas por órgãos de defesa do Patrimônio Histórico, Cultural, Arqueológico e Paisagístico;
- Áreas de exploração de minerais estratégicos;
- Inundação de locais considerados sagrados;
- Inundação de áreas cársticas;

Caso o empreendimento seja constatado como ambientalmente viável, elaborado o RAP, o órgão ambiental definirá o nível de elaboração dos estudos ambientais.

Para a construção de uma PCH, os impactos estão relacionados ao tamanho, volume e tempo de retenção do reservatório bem como da localização geográfica. Dentre os impactos causados, os principais são: perda de vegetação e fauna, interferência na migração dos peixes e perda da biodiversidade. No entanto deve-se considerar também os muitos efeitos positivos como: produção de energia, retenção de água, aumento do potencial de água potável, criação de possibilidades de recreação e turismo, aumento do potencial de irrigação, regulação do fluxo e inundações e aumento das possibilidades de emprego para a população local.

3.1 RELATÓRIO AMBIENTAL PRELIMINAR

O RAP é o primeiro documento emitido para análise dos impactos ambientais de uma PCH, o grau de aprofundamento dos estudos compreendidos no RAP terão influência direta na aprovação ou não por parte do órgão ambiental. O documento basicamente deverá ser composto por:

- Justificativas do empreendimento;
- Caracterização do empreendimento, com os dados disponíveis sobre a usina e o reservatório associado;
- Diagnóstico ambiental preliminar, com os principais aspectos físicos, bióticos e antrópicos da região já levantados;
- Identificação preliminar dos impactos;
- Prováveis medidas mitigadoras e programas ambientais.

Além disso é necessário descrever o empreendimento de modo geral, destacando o contexto em que se insere, informar os dados que caracterizam o empreendimento, como o nome, as instalações e os equipamentos a serem implantados, descrição das obras principais e as associadas, bem como todos os dados referentes aos empreendedores e as empresas envolvidas.

3.2 ESTUDOS AMBIENTAIS SIMPLIFICADOS

Os estudos ambientais simplificados, para os casos em que o órgão ambiental, previamente considera que o empreendimento não causará sérios danos ambientais, compreendem a realização de uma série de atividades específicas, esses estudos serão utilizados na prática no projeto de engenharia e na harmonização ambiental do empreendimento.

De forma sucinta o objetivo dos estudos ambientais simplificados é desenvolver uma análise coerente com as reais interferências do empreendimento, e não uma análise genérica que não tenha utilidade prática. Desse modo o documento a ser produzido deve ser reconhecido como uma ferramenta de gestão ambiental do empreendimento e não somente como um meio para se alcançar as licenças necessárias.

Faz parte do conjunto de procedimentos que constituem os estudos simplificados, a caracterização do empreendimento, o diagnóstico ambiental da região, a identificação e análise dos impactos ambientais em todas as fases do empreendimento bem como a proposição de medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos negativos.

3.3 ESTUDOS DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Conforme citado anteriormente, quando existir a previsão de impactos de grande magnitude, os órgãos ambientais deverão exigir a edição e discussão de um EIA/RIMA. Dentre os principais impactos que levam a necessidade de implantação do EIA/RIMA estão: existência de populações próximas, a vizinhança com áreas ambientalmente sensíveis e redução da vazão liberada a jusante.

A ELETROBRÁS em conjunto com o DNAEE, em 1997, editou um documento “Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos”, e neste são apresentados as orientações para os estudos ambientais de usinas hidrelétricas, na forma de EIA/RIMA.

O EIA tem os seguintes objetivos principais:

- Avaliar a viabilidade ambiental do empreendimento e fornecer subsídios para o seu licenciamento;
- Complementar e ordenar uma base de dados temáticos sobre a região onde se inserem as obras propostas;

- Permitir o conhecimento e o grau de transformação que a região sofrerá com a introdução das obras propostas;
- Estabelecer programas que visem prevenir, mitigar e/ou compensar os impactos negativos;
- Caracterizar a qualidade ambiental atual e futura da área de influência;
- Definir os programas de acompanhamento/monitoramento que deverão ser iniciados e/ou continuados durante a implantação do empreendimento.

Para o cumprimento desses objetivos, as exigências do documento da ELETROBRAS bem como as exigências extras do IBAMA apresentadas na tabela abaixo adaptada de IBAMA – “Avaliação de Impacto Ambiental – Agentes Sociais. Procedimentos e Ferramentas.” Brasília, 1995. devem ser cumpridas.

TABELA 2. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL IBAMA

Atividades	Exigência IBAMA
Identificação do empreendedor	Nome ou razão social; registros legais; endereço completo, telefone, fax, nome, CPF, telefone e fax dos representantes legais e pessoas de contato.
Caracterização do empreendimento	Caracterização e análise do projeto, sob o ponto de vista tecnológico e de localização. Definição das alternativas tecnológicas e de localização possíveis, incluindo a não implantação do projeto.
Métodos e técnicas utilizados para a realização dos estudos ambientais	Detalhamento do método e técnicas escolhidos para a condução do estudo ambiental, bem como dos passos metodológicos que levem ao diagnóstico; ao prognóstico; à identificação de recursos tecnológicos e financeiros para mitigar os impactos negativos; às medidas de controle e monitoramento dos impactos.

[Fonte: Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas]

O RIMA é um documento elaborado a partir do Estudo dos Impactos Ambientais, no entanto tem sua abrangência reduzida em relação ao segundo, o RIMA reflete as conclusões do EIA. A Resolução 01/86 do CONAMA determina o seu conteúdo mínimo, e é fundamental que seja feito atendendo as exigências necessárias para o andamento da obra, já que existem a possibilidade de embargos caso as licenças ambientais não estejam de acordo com as normas exigidas.

3.4 PROJETO BÁSICO AMBIENTAL

Para que a Licença de Instalação seja fornecida pelo órgão ambiental responsável, nos empreendimentos de geração de energia elétrica, existe a necessidade de acordo com a Resolução 06/87 de 16.09.87 de elaborar um Projeto Básico Ambiental e que o mesmo seja aprovado. O PBA é um conjunto de programas a serem implantados, visando viabilizar as recomendações emitidas no EIA e no RIMA e atender às exigências do órgão ambiental licenciador.

De forma geral, os requisitos mínimos presentes no PBA são: recuperação de áreas degradadas, comunicação social, gerenciamento e controle dos impactos ambientais. Ainda assim existem itens extras que poderão ser exigidos pelos órgãos ambientais, tais como: conservação de fauna e flora, monitoramento da qualidade da água, salvamento de patrimônio arqueológico, saúde da mão-de-obra, reorganização da infraestrutura, educação ambiental e relocação e assentamento de pequenos produtores rurais.

3.5 PRINCIPAIS DOCUMENTOS LEGAIS

Todos os principais documentos legais relacionados ao meio ambiente que foram citados anteriormente, são utilizados com finalidade de manter os seguintes interesses preservados:

- Direitos e deveres individuais e coletivos;
- Proteção do meio ambiente;
- Flora, fauna e unidades de conservação;
- Recursos hídricos;

- Compensação financeira;
- Licenciamento ambiental.

De forma sucinta a Figura 10 retirada Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (Eletrobrás, janeiro/2000) demonstra o roteiro geral do licenciamento ambiental.

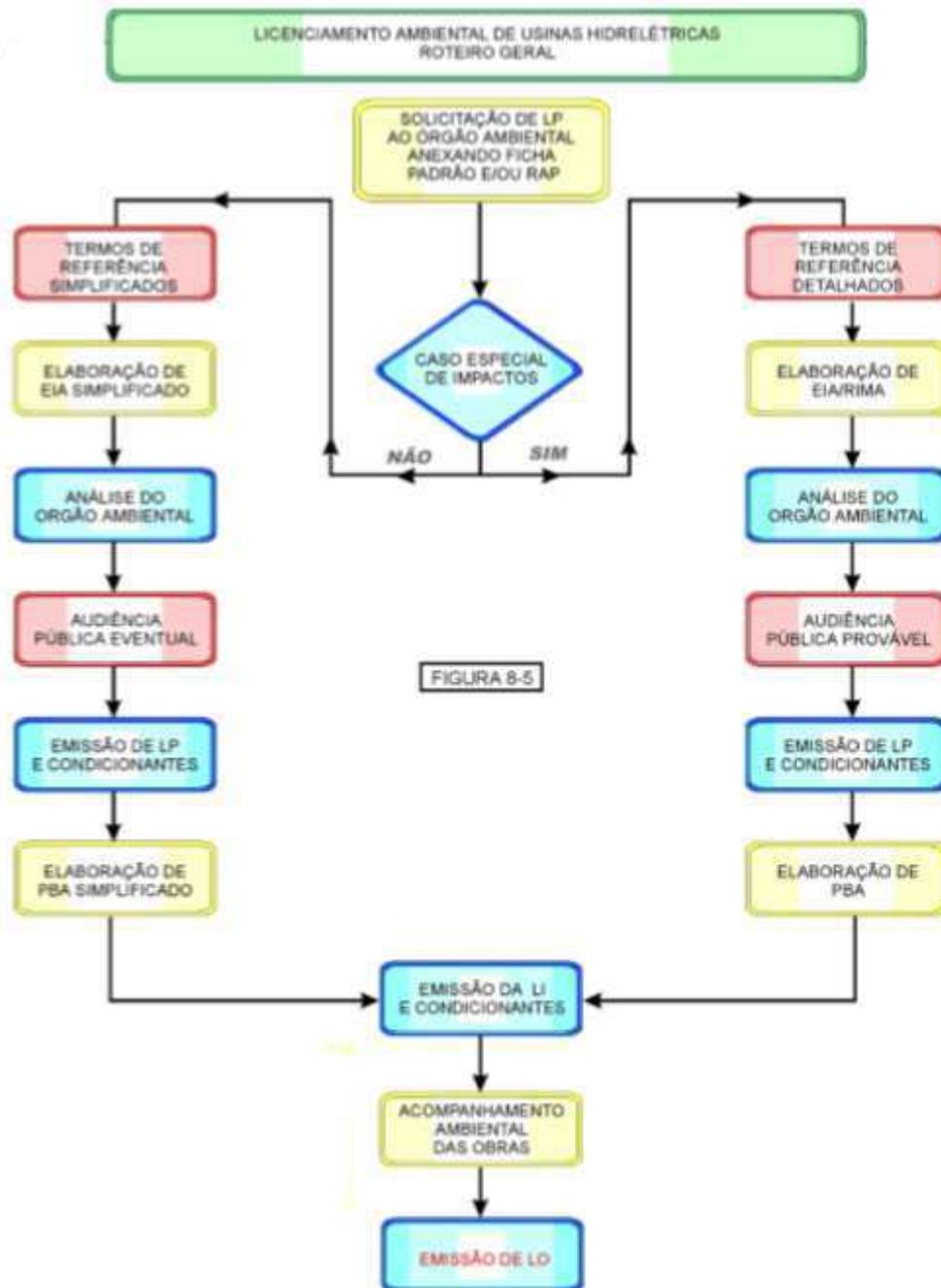


Figura 10. Roteiro geral do licenciamento ambiental [Fonte: Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas]

3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

As PCHs se comparadas as grandes centrais têm os níveis de impactos ambientais bastante reduzidos, no entanto ainda assim apresentam problemas a serem analisados. Podemos fazer um comparativo entre os impactos gerais causados por esses empreendimentos e mostrar que as PCHs devem ser uma alternativa mais procurada como fonte de energia, devido a sua menor complexidade no que diz respeito a seu envolvimento com o meio ambiental e com a sociedade local.

Dentre os grandes problemas causados na instalação de um empreendimento de grande porte, o primeiro é o enorme aumento da população flutuante, ou seja, população que vai passar algum tempo morando na região, pois estão de alguma forma envolvidos com o canteiro de obras. Esse aumento de população é um fenômeno conhecido nos lugares onde houve construção de usinas hidrelétricas e esses trabalhadores envolvidos são popularmente conhecidos como barrageiros. A presença dos barrageiros implica diretamente e de forma bastante rápida na vida da população local, por exemplo no aumento na produção de lixo e de esgoto sanitário. Além disso alguns outros problemas mais graves também costumam acontecer, como violência urbana, incremento no consumo de álcool e até mesmo aumento de procura por sexo pago.

O canteiro de obras costuma transformar a economia local, dado o aumento da necessidade de materiais, mão de obra, energia que a região antes não tinha, isso acarreta em aumento nos preços dos materiais de construção, comida, dentre outros.

Na construção de uma PCH esses problemas também existem, no entanto em escala bem menores, já que são problemas diretamente proporcionais ao tamanho da obra e da quantidade de pessoas envolvidas.

Os dois tipos de usinas quando apresentam reservatório, ou seja, não são a fio d'água levam a problemas na saúde da população vizinha a usina, números de casos de esquistossomose, malária, febre amarela e dengue aumentam pois as barragens formam remansos e fornecem ambiente favorável para criação e proliferação de animais que servem como vetores para o desenvolvimento de parasitas. Como normalmente as PCHs não apresentam grandes reservatórios ao contrário das grandes centrais, esse problema também é bastante reduzido.

Outro problema bastante abordado pela mídia e por órgãos que buscam proteger o meio ambiente, é a piracema. A maior parte das PCHs é constituída em locais onde já

existe uma barreira natural para a piracema que são as cachoeiras, já no caso das grandes centrais a piracema é sempre um agravante no licenciamento da obra e o custo das escadas de peixes chegam a inviabilizar o empreendimento.

Outro problema grave causado por ambos os tipos de empreendimentos, é a tranca da navegabilidade dos rios, no Brasil não se tem grande oferta de transportes de cargas ou pessoas pelos rios, isso é um fato que também é influenciado diretamente pelo forte apoio a construção de usinas hidrelétricas no país. As usinas de grande porte são instaladas em grandes rios, e esses poderiam ser responsáveis por parte da escoação da produção do país. Os rios Paraná, Tocantins e Paranapanema são exemplos de potenciais hidrovias que deixaram de ser viáveis dadas as instalações de usinas hidrelétricas no curso dos mesmos. As PCHs apresentam o mesmo problema, no entanto como já falado anteriormente, muitas vezes já existia uma barreira natural que não permitia a navegabilidade nos rios onde são implantadas.

Numa atividade como a geração de energia elétrica que os impactos ambientais, custos, emissão de gases estão sempre em alta, a preocupação com transportes de cargas deve ser estudada, e as hidrovias assim como as ferrovias são alternativas bastante razoáveis quando o assunto é custo e eficiência.

4 FINANCIAMENTO

Para construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas o investimento necessário é baixo se comparado as grandes centrais, isso faz com que seja um investimento mais viável para investidores nacionais, ou seja, não são construídas com capital predominantemente estrangeiro. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) oferece um programa de crédito chamado Programa de Desenvolvimento e Comercialização de Energia Elétrica de Pequenas Centrais Hidrelétricas que tem o objetivo de garantir condições a iniciativa privada de implementar novas PCHs.

A ELETROBRÁS juntamente com o BNDES fizeram uma parceria onde a primeira garante a compra de energia do empreendimento financiado pela segunda. Além do estudo de todos os impactos ambientais e elaboração dos documentos elencados no capítulo anterior o empreendedor terá um contrato com a ELETROBRÁS que garante compra de toda a energia assegurada. O BNDES por sua vez, tem garantia que o empreendedor será capaz de pagar o financiamento. A sustentabilidade do financiamento é assim sustentada pela ELETROBRÁS que tem interesse nisso, para que exista expansão da oferta de energia renovável de forma rápida e eficiente.

O programa PCH-COM pode ser utilizado para instalação ou revitalização de PCHs conectadas ao Sistema Interligado Brasileiro. O uso do programa por parte do investidor apresenta vantagens para a sociedade em geral como: garantia pela ELETROBRÁS da qualidade do projeto em relação à engenharia e meio ambiente, oferta de energia renovável e geração de empregos.

As condições financeiras do empréstimo do BNDES são bastante atrativas, possuindo juros abaixo dos valores de mercado. O nível de participação do banco no empreendimento pode chegar a 80%, a taxa de juros é TJLP com spread básico de 2,5% e um spread de risco entre 0,5% a 2,5%. Existe uma carência de até 6 meses a partir do início da operação total da usina, e o prazo de amortização é de até 10 anos a partir do término da carência. O programa

Na Figura 11 retirada do site do BNDES (<http://www.bndes.gov.br/>) é mostrado o funcionamento do programa no que diz respeito a compra e venda da energia.

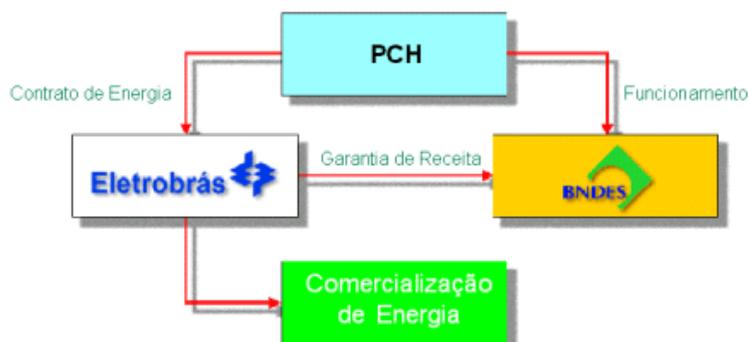


FIGURA 11. PCH-COM [Fonte: <http://www.bndes.gov.br/>]

O fluxograma básico para utilização do programa PCH-COM é mostrado na Figura 12 retirada do site do BNDES.



FIGURA 12. FLUXOGRAMA PCH-COM [Fonte: <http://www.bndes.gov.br/>]

Além do programa supracitado o BNDES disponibiliza o programa Finem, Financiamento a Empreendimentos. Dentro desse programa existe uma linha aplicada a geração de vapor e de energia elétrica renovável, onde as Pequenas Centrais Hidrelétricas se encaixam.

O Finem pode ser utilizado com apoio direto, com a operação feita diretamente com o BNDES ou com apoio indireto, com a operação sendo feita por meio de instituição financeira credenciada. A linha de financiamento pode ser solicitada por sociedades com

sede e administração no Brasil e por pessoas jurídicas de direito público, o valor mínimo de financiamento é de R\$20 milhões.

A taxa de juros cobrada com o apoio direto varia de acordo com o porte da empresa que solicita o financiamento, o valor mínimo cobrado de custo financeiro é o valor da TJLP. Para micro, pequenas e médias empresas a remuneração básica do BNDES tem valores a partir de 1,5% ao ano, já para média-grandes e grandes empresas a remuneração tem valores a partir de 1,2% ao ano. Por fim a taxa de risco de crédito é de 1,0% ao ano para Estados, Municípios e Distrito Federal ou até 4,18% ao ano, conforme o risco de crédito do cliente. A taxa de juros praticada é a soma do custo financeiro com a remuneração básica do BNDES e com a taxa de risco de crédito.

As condições de financiamento ao utilizar o apoio indireto são semelhantes nos quesitos custo financeiro e remuneração básica do BNDES, as diferenças se encontram no fato da instituição intermediadora cobrar uma taxa de intermediação financeira que varia de 0,1% ao ano até 0,5% ao ano, para micro, pequenas e média empresas ou média-grandes e grandes empresas respectivamente e a remuneração da instituição credenciada é negociada diretamente com o cliente. Sendo a taxa de juros cobrada o resultado da soma dos quatro itens anteriores.

A participação máxima do BNDES é de 70% do valor dos itens financiáveis, caso os clientes queiram ter a participação do BNDES ampliada para 90% a parcela do crédito referente ao aumento da participação terá custo equivalente a CESTA ou IPCA ou TS ou TJ3 ou TJ6 e a remuneração básica do BNDES será de, no mínimo, 1,2% ao ano.

O prazo máximo de amortização para destinação do recurso para aplicação de energia hidrelétrica é de 20 anos.

5 EXPANSÃO PCHs

Pensando na viabilidade de instalação de novas centrais geradores é preciso analisar a demanda de energia futura, de acordo com PNE 2030, a população do país no ano de 2030 deve estar próxima de 210 milhões de pessoas e o índice de urbanização deve passar de 84,7% em 2010 para 88% em 2030 além disso existe uma tendência de queda no número de moradores por residência nos próximos anos. Estes fatores são diretamente proporcionais ao consumo de energia, sendo assim existe uma necessidade de aumentar o potencial instalado no país.

Na Figura 13 é mostrado a distribuição das centrais hidrelétricas distribuídas no Brasil, analisando a disposição das centrais é notável que as regiões norte e centro-oeste possuem um grande potencial a ser explorado dado a quantidade de rios existentes nessa região do país.

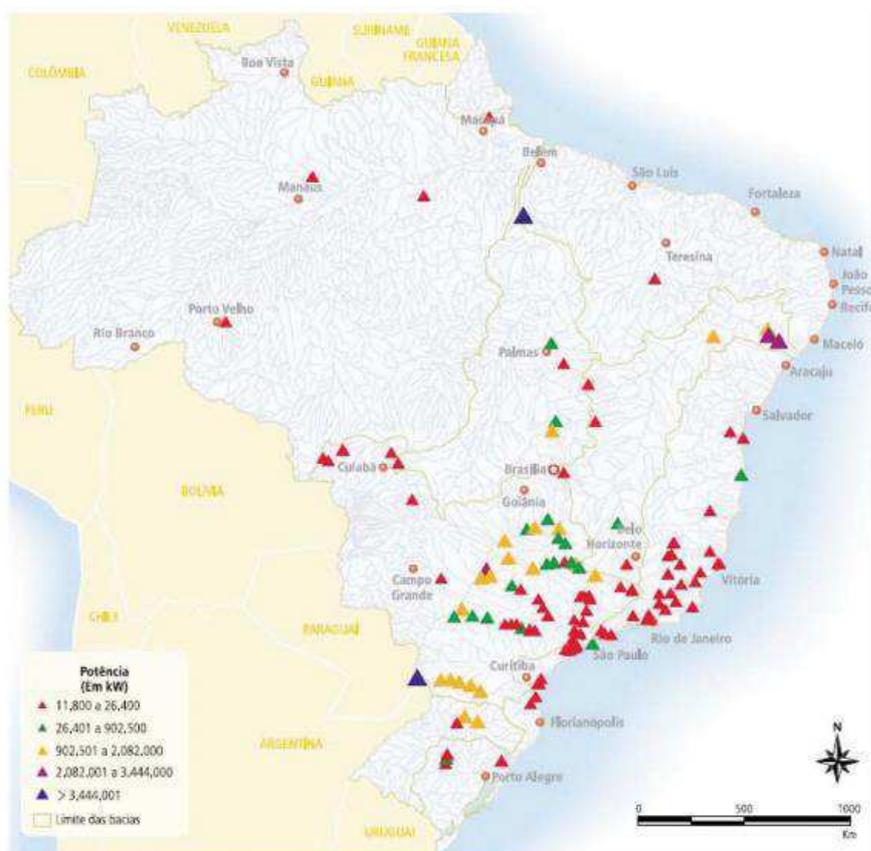


FIGURA 13. DISTRIBUIÇÃO DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NO PAÍS, DE ACORDO COM O POTENCIAL INSTALADO [Fonte: Plano Nacional de Energia 2030]

Segundo o BIG (Banco de Informações da Geração), o Brasil conta com 7,1 mil MW de potência disponível em pequenas centrais em operação, construção e outorgadas mas sem construção iniciada. Desse total 1,9 mil MW são de usinas a serem construídas que já tem a potência outorgadas, essa potência está distribuída em 132 unidades geradoras.

O Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas disponibiliza em seu site os dados de um estudo teórico que informa o potencial de instalação de pequenas centrais por região, os dados do estudo são apresentados na Figura 14. Esses dados mostram que ainda existe um potencial de crescimento já pesquisado de mais de 5 GW de potência.

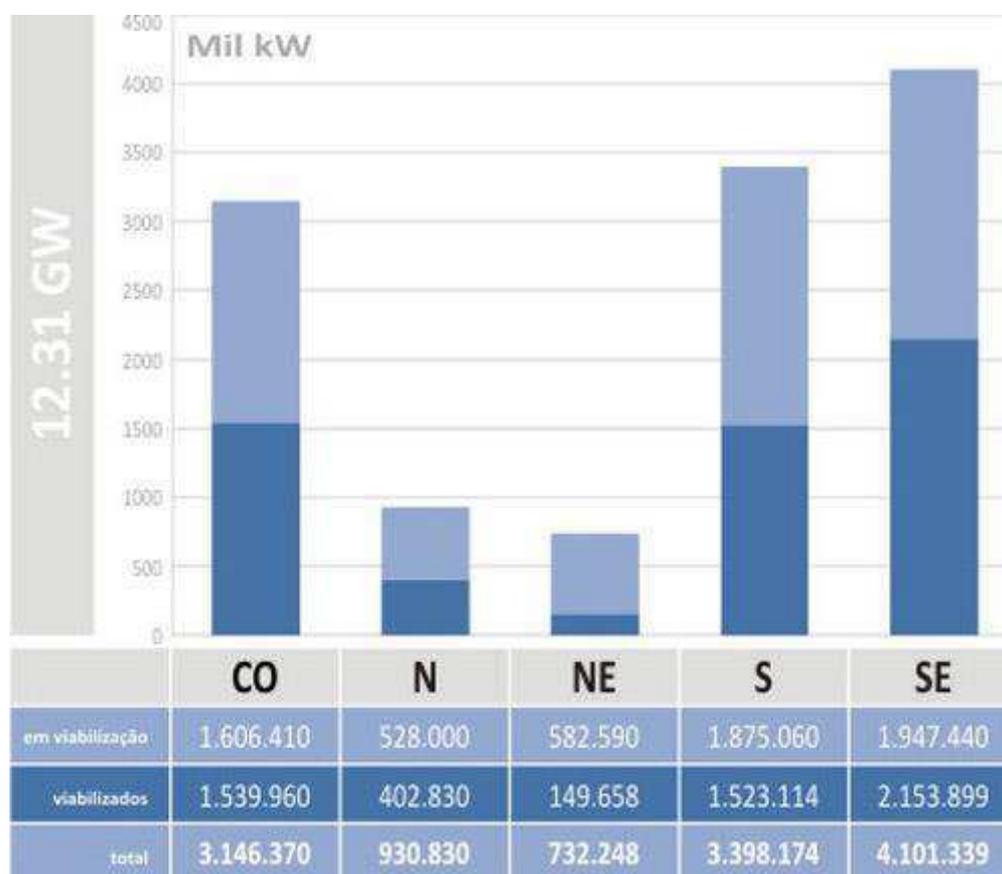


FIGURA 14. POTENCIAL POR REGIÃO [Fonte: Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas]

Na Figura 133 quando foi apresentado a distribuição das usinas hidrelétricas no país, deve-se ter o cuidado de observar que as regiões Norte e Nordeste mesmo com uma densidade menor de centrais possuem um menor potencial de crescimento de pequenas centrais como é mostrado na Figura 14. Isso se dá pois as PCHs são normalmente

instaladas em rio de médio e pequeno porte com desníveis naturais relativamente grande, e essas regiões não oferecem essa característica hidrográfica.

Ainda no que diz respeito ao potencial teórico, o CERPCH desenvolveu uma série de trabalhos de estimar o potencial que ainda não foi estudado, levando em conta dados como:

- Vazões específicas das bacias e o desnível estimado por mapas do IBGE;
- Readequação de aproveitamentos inventariados anteriormente, tendo em vista os aspectos ambientais e de uso múltiplo de recursos hídricos, com as perspectivas de uma nova divisão de quedas da bacia.

Este estudo, que ainda encontra-se em fase preliminar, resultou nas seguintes estimativas: o potencial teórico estimado ainda não inventariado no Brasil é em torno de 15.453 MW, logo tem-se possivelmente um potencial de mais de 27 mil MW em PCHs no Brasil, assim existe um potencial muito grande a ser explorado visto que apenas 7,1 mil MW estão operando ou em construção.

O fato de que cada MW instalado em um PCH tem um custo médio entre R\$4 e R\$5 milhões, como fonte de comparação a usina de Jirau teve custo médio de R\$8 bilhões para produzir 3,2 mil MW. Logo o custo médio do MW em Jirau é de R\$2,5 milhões. Esses dados mostram que o custo de implantação em milhão/MW é maior nas PCHs do que nas grandes centrais.

6 CONCLUSÃO

Fica comprovado ao longo desse trabalho que o potencial de instalação de novas PCHs deve ser explorado de forma mais agressiva pelo governo e por seus órgãos que traçam metas, fazem leilões e operam o sistema elétrico do Brasil de forma a atrair o empreendedor para o setor.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas têm características importantes que são muito desejadas na situação atual do país, a geração distribuída, o fato de ser uma fonte complementar gerando energia limpa renovável e por muitas vezes sem sobrecarregar o sistema de transmissão.

Ressalta-se que além de um grande potencial de instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas o Brasil possui domínio tecnológico de todas as fases de implantação das usinas, diferente, por exemplo, da energia eólica que por hora quem detém o conhecimento e a tecnologia são grandes players mundiais.

O fato do BNDES enquadrar as PCHs como investimentos do setor de infraestrutura e energia, que são prioridades no banco, fazem as condições de financiamento serem bastante atrativas.

As vantagens não são exclusivas dos investidores, a sociedade em geral é beneficiada, tanto nos impactos ambientais já que energia renovável implica menos poluição e pouca emissão de gases do efeito estufa como no aumento da confiabilidade do sistema onde a usina é inserida.

Pode-se concluir que a geração de energia elétrica utilizando pequenas centrais é bastante viável em todos os âmbitos estudados. A manutenção das fontes limpas no topo da geração de energia no Brasil, para manter a independência tecnológica, a preservação do meio ambiente e os interesses econômicos dos investidores são atendidos.

Constata-se que o Brasil oferece bastante incentivo a instalação de PCHs, tanto no lado do financiamento, da compra cativa de energia gerada e dos diversos estudos de potencial colocado à disposição do empreendedor.

BIBLIOGRAFIA

Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Último acesso em: 30/03/2015

Finem BNDES. Disponível em:

<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/energia_geracao_vapor_renovavel.html>. Último acesso em: 06/04/2015.

Programa PCH-COM BNDES. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br/EM_Programas_PCH-COM/conceituacao.asp>. Último acesso em: 06/04/2015.

Karen Evelline Perusso Vergílio "Trabalho de Conclusão de Curso - Geração Distribuída e Pequenas Centrais Hidrelétricas: Alternativas Para a Geração de Energia Elétrica no Brasil", USP, São Carlos 2013.

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Último acesso em 05/04/2015.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Último acesso 06/04/2015.

Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS - Ministério de Minas e Energia, 2000.

Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Brasília 2003.

Cássio Luiz Nilton "Trabalho de Conclusão de Curso - O Impacto das Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHS no Meio Ambiente", UFLA, Lavras 2009.

Sérgio Almeida Pacca "Dissertação - A Integração das Pequenas Centrais Hidrelétricas ao Meio Ambiente e os Aspectos Legais Relacionados", USP, São Paulo 1996.

Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) - Ministério de Minas e Energia - Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético.

Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (CERPCH). Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/>>. Último acesso em 06/04/2015.