

RENATO LUIZ DE LIMA NAHAS

PCHs – Viabilidade e Inventário Hidrelétrico

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em
Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad

São Carlos
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

N153p Nahas, Renato Luiz de Lima
PCHs : viabilidade e inventário hidrelétrico / Renato
Luiz de Lima Nahas ; orientador Frederico Fábio Mauad. --
São Carlos, 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e
Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, 2010.

1. Geração de energia elétrica. 2. Estudo de
inventário hidrelétrico. 3. PCH. 4. Fontes alternativas
de energia. 5. Inventário hidrelétrico simplificado.
I. Título.

Sumário

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. PCH – PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS.....	5
2.1 DEFINIÇÃO	5
2.2 PRINCIPAIS VANTAGENS DAS PCH	6
2.3 PARTICIPAÇÃO DAS PCHS NA MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL	7
2.3.1 <i>Potencial de expansão de PCHs no cenário nacional.....</i>	<i>9</i>
3. VIABILIZAÇÃO DE PCH.....	10
3.1 ETAPAS PARA UM EMPREENDIMENTO DE PCH	13
3.2 INCENTIVOS AS PCHS	15
3.2.1 <i>Principais Incentivos.....</i>	<i>15</i>
3.2.2 <i>Programa de Incentivo as Fontes alternativas de energia (PROINFA).....</i>	<i>15</i>
4. INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO COM FOCO EM PCHS.....	17
4.1 DEFINIÇÃO	17
4.2 TIPOS DE INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO	17
4.3 PRINCIPAIS CRITÉRIOS PARA ESTUDO DE INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO	19
4.4 FASES DE UM INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO SIMPLIFICADO	19
4.4.1 <i>Planejamento do Estudo.....</i>	<i>19</i>
4.4.2 <i>Estudos Preliminares.....</i>	<i>23</i>
4.4.3 <i>Estudos Finais.....</i>	<i>30</i>
5. CONCLUSÃO.....	31
6. BIBLIOGRAFIA.....	32

Lista de Figuras e Tabelas

Figura 1 - Matriz energética brasileira [Fonte: ANEEL]	7
Figura 2 - Participação de PCHs na matriz energética [Fonte: ANEEL]	8
Figura 3 - Etapas de uma PCH	11
Figura 4 - Visão Multidisciplinar do empreendimento PCH	13
Figura 5 - Etapas de Registro para Regularização e Operação.....	14
Figura 6 - Prazos para Registro e Aceite [Fonte ANEEL]	14
Figura 7 - Inventário Simplificado	18
Figura 8 - Fluxo Planejamento Estudos	22
Figura 9 - Análise Índices	28
Figura 10 - Fluxo dos Estudos Preliminares.....	29
Tabela 1 - PCH segundo OLADE.....	6
Tabela 2 - Previsão de Evolução de PCH – [fonte PDE].....	9
Tabela 3 – Critérios práticos para escolha de tipos de estudos de inventário hidrelétrico.....	17

RESUMO

No atual cenário mundial, todos os países buscam novas fontes de energia que minimizem os impactos ambientais e sejam sustentáveis. O Brasil já sai na dianteira por possuir uma matriz energética predominantemente hidráulica, e agora na busca por fontes alternativas de energia as PCHs vem se consolidando como uma grande opção. O problema é que o processo de viabilização de tal empreendimento demanda um grande burocracia e procedimentos técnicos bastantes complexos, portanto objetivo deste estudo é tentar facilitar mostrando os pontos principais a serem focados no estudo de inventário hidrelétrico.

Palavras chaves: Estudo de Inventário hidrelétrico ; geração de energia ; PCH ; viabilidade de PCH ; fontes alternativas de energia ; inventário hidrelétrico simplificado

ABSTRACT

Nowadays all countries are seeking for new energy sources that minimize environmental impacts and are sustainable. Brazil is already out in front by having an energy predominantly hydro, and now the search for alternative energy sources, the SHP has been emerging as a great option. The problem is that the process feasibility of this kind of enterprise requires a large bureaucracy and a lot of complex technical procedures, so aim is try to facilitate showing the main points to be focused on the study of hydroelectric inventory.

Keywords: hydroelectric inventory study hydroelectric, power generation, SHP, SHP viability, alternative energy sources, simplified hydroelectric inventory;

1. Introdução

O cenário econômico brasileiro se demonstra bastante promissor com expectativas de crescimento acelerado para os próximos anos, e consequentemente na medida que a economia cresce ela precisa de energia pra suprir a demanda para sua indústria e população.

No Brasil a EPE – Empresa de Pesquisa Energética – subordinada ao MME – Ministério das Minas e Energia – realiza estudos periódicos para o planejamento energético brasileiro. Existe o PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia, que com base em estudos econômicos, políticas e energéticos traça uma perspectiva para os próximos 10 anos no setor energético. Com base nesses estudos vemos uma crescente demanda por energia para suportar o crescimento da economia.

Além da questão simplesmente de gerar energia, hoje estamos lidando com problemas de aquecimento global e a geração de energia no mundo contribui muito para esta situação com a utilização de combustíveis fósseis. O que está ocorrendo é uma busca por formas de energias sustentáveis e renováveis, que gerem o mínimo de impacto possível sobre o meio ambiente e mesmo assim consiga atender a crescente demanda.

Nesse cenário o Brasil se encontra muito favorecido, com uma matriz energética predominantemente hidráulica com cerca de 70% da energia elétrica proveniente dessa fonte. Mas mesmo a energia hidráulica sendo uma energia limpa e renovável, grandes hidrelétricas causam severos impactos ambientais devido a formação de grandes reservatórios, complexidade das obras e a localização no muitas vezes de fácil acesso e longe dos centros consumidores.

Uma fonte alternativa de energia que vem sendo bastante incentivada pelo governo que se mostra uma alternativa viável é a construção de PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas, que semelhante a suas irmãs maiores as UHE – Usinas Hidrelétricas – gera energia com o aproveitamento de um potencial hidráulico, mas causando um impacto menor e necessitando de investimento bem menos significativos.

A viabilização desses empreendimentos é o foco principal deste estudo, desde a ideia de se criar até fazê-lo acontecer é uma jornada longa e que exige um grande conhecimento técnico. Apesar de a tecnologia para tal ser dominada pela indústria nacional, o que diminui ainda mais o custo, os estudos preliminares para se saber a viabilidade do aproveitamento e seu potencial ainda são bastantes difíceis de serem

realizados e existem dificuldade de achar pessoal capacitado a executá-los de maneira competente.

O estudo de inventário hidrelétrico é bastante complexo e aqui a análise será feita com o foco nas PCHs tentando enaltecer os principais aspectos necessários para se fazer um estudo de inventário hidrelétrico com qualidade a fim de se conseguir realizar um projeto básico com o mesmo nível e viabilizar o empreendimento.

2. PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

2.1 Definição

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas – são empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico que possam se enquadrar na Resolução Aneel 652/03 que determina: potência superior a 1 MW e menor que 30 MW, destinado à produção independente, produção independente autônoma ou autoprodução com reservatório com área inferior a 3 km². A resolução 652/03 utiliza-se de alguns critérios para definir o empreendimento como PCH.

- **Área do reservatório:** área da planta à montante do barramento, delimitada pelo nível de água máximo normal de montante.
- **Nível de água máximo normal de montante:** nível de água máximo no reservatório para fins de operação normal da usina, definido por meio dos estudos energéticos, correspondendo ao nível que limita a parte superior do volume útil.
- **Nível de água mínimo normal de montante:** nível de água mínimo no reservatório para fins de operação normal da usina, definido por meio dos estudos energéticos, correspondendo ao nível que limita a parte inferior do volume útil.
- **Nível de água normal de jusante:** nível de água a jusante da casa de força, para a vazão correspondente ao somatório dos engolimentos máximos de todas as turbinas, sem considerar a influência da vazão vertida.

Caso o aproveitamento não venha a atender o critério de 3 km² para a área do reservatório, ele ainda pode ser enquadrado como PCH se reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica, ou verificar ao menos uma das condições da seguinte inequação:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{Hb}$$

Onde:

P = potencia elétrica instalada (MW);

A = Área do reservatório (Km²);

Hb = queda bruta (m), definida pela diferença entre os níveis de água máximos normal de montante e normal de jusante.

Existem ainda outros tipos de definição para PCHs, como a feita pela OLADE (Organização Latino-Americana de Energia) .

Classificação	Pot. Instalada (kw)	Queda de Projeto (m)		
		Baixa	Media	Alta
Micro-central	Até 100	< 15	15 a 50	> 50
Minicentral	100 a 1000	< 20	20 a 100	> 100
Pequena Central	1000 a 10000	< 25	25 a 130	> 130

Tabela 1 - PCH segundo OLADE

2.2 Principais Vantagens das PCH

Um empreendimento hidrelétrico já é considerado uma fonte renovável de energia com inúmeros benefícios, agora um PCH é também considerada como fonte alternativa de energia sustentável. Atualmente existem PCHs que comercializam créditos carbonos.

Uma das vantagens das PCHs é a descentralização na geração de energia e os baixos impactos na área ambiental, pois, normalmente estão instaladas em regiões com baixa densidade demográfica e os reservatórios formados são pequenos, além de estarem localizados em vales encaixados na própria calha do rio, e consequentemente pouca área de vegetação é atingida, e ao contrário de UHE há pouca ou nenhuma necessidade de deslocamento populacional.

No quesito econômico as PCHs demandam um baixo investimento inicial se comparado com UHE de grande porte ou com outras fontes de energia. Existe a possibilidade de maximização da Taxa de Retorno (TIR) devido a outorga ser concedida via autorização, não onerosa, mesmo que existente uma garantia a ser estabelecida com a nova metodologia aplicada pela resolução 343/08.

Pelo país ter uma matriz energética baseada em aproveitamentos hidráulicos, a tecnologia é bastante conhecida e existe uma forte indústria nacional no fornecimento de equipamentos e serviços.

A localização mais próxima da carga consumidora diminui os custos de transmissão e distribuição.

As obras civis são de pequeno porte e exigem um curto tempo, em torno de 18 a 24 meses a partir da outorga da licença de instalação.

O governo também incentiva as PCHs por meio de isenção de encargos setoriais e desconto no pagamento de tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão. Existem linhas de financiamento incentivadas pelo BNDES e outras agências de fomento estatais e comerciais, bem como programas governamentais como o PROINFA (Programa de Fontes alternativas de energia) do qual falaremos mais abaixo.

2.3 Participação das PCHs na matriz energética do Brasil

O Brasil possui uma matriz energética elétrica predominantemente hidrelétrica, se somarmos PCH, que se enquadram como fonte alternativa, com a geração hidráulica, teremos cerca de 73% da energia elétrica oriunda dessa fonte.

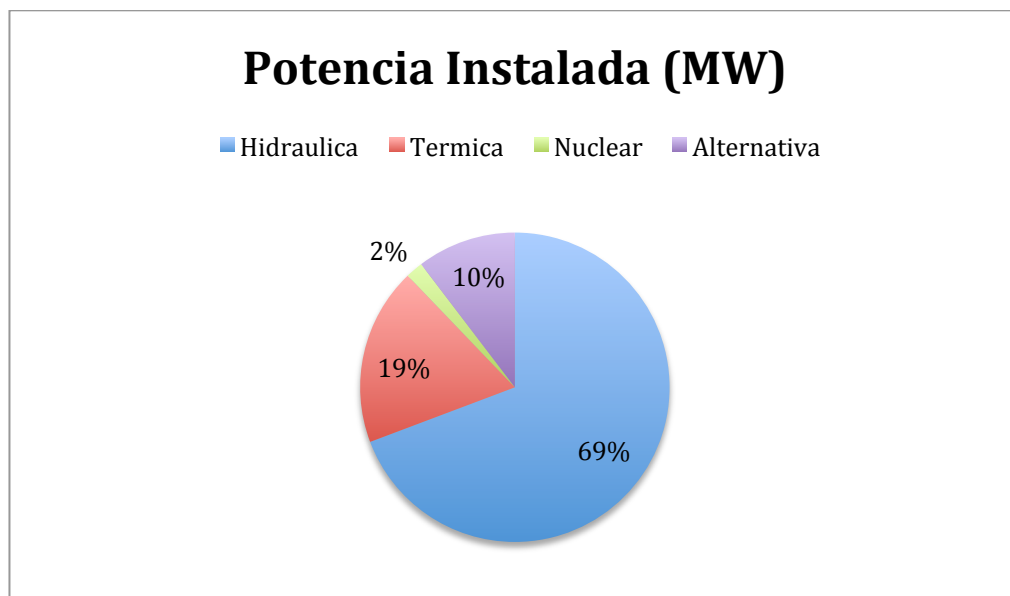


Figura 1 - Matriz energética brasileira [Fonte: ANEEL]

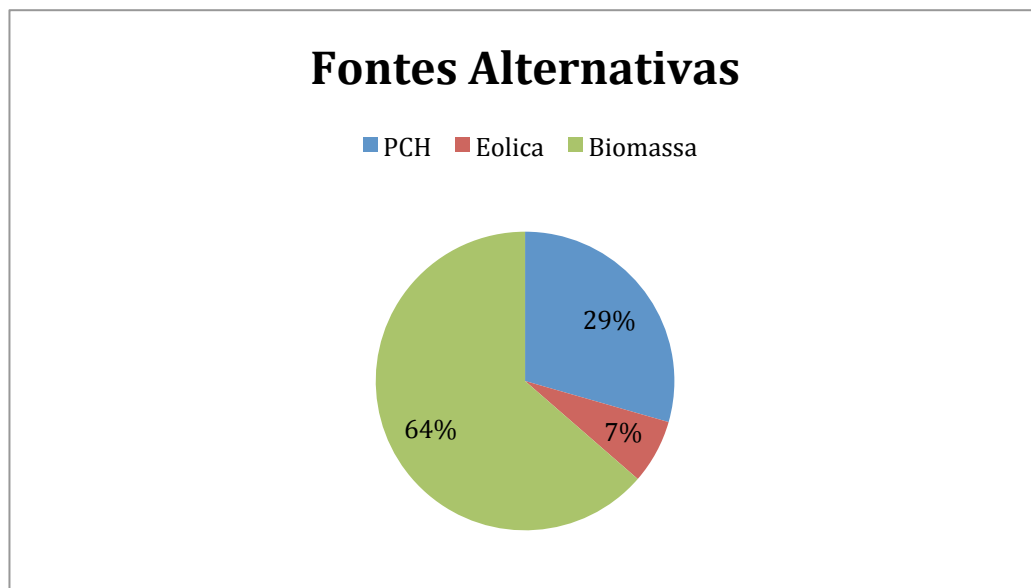


Figura 2 - Participação de PCHs na matriz energética [Fonte: ANEEL]

As PCHs, correspondem por cerca 3,04 % do potencial instalado, o que pode parecer pouco, mas há 10 anos essa participação era de apenas 0,8%. O Brasil veio nessa primeira década apresentando um crescimento contínuo, e possui perspectivas de continuar crescendo, e para isso precisa de investimentos em energia para que possa suportar a crescente demanda industrial e residencial.

Em 2008, com a revogação da Resolução normativa 395/98, que já se demonstrava desgastada, e sua substituição pela 343/08, deu um grande impulso ao mercado de PCH no país. Basicamente a resolução 395/98 deixava a um caminho aberto para comercialização de autorizações, ilustrando isto, havia cerca de 161 outorgas que não haviam sido inicializadas totalizando cerca de 2395 MW. Já a nova resolução 343/08 gerou algumas mudanças com o intuito de incentivar investidores e evitar a criação de reservas de mercado, e realmente executar os projetos.

2.3.1 Potencial de expansão de PCHs no cenário nacional

No Brasil a política e coordenação de planejamento energético, fica a cargo do Ministério de Minas e Energia, que apresenta periodicamente o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE).

O PDE incorpora uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de recursos energéticos no período decenal, definindo um cenário de referência, que sinaliza e orienta as decisões dos agentes no mercado de energia, visando assegurar a expansão equilibrada da oferta energética, com sustentabilidade técnica, econômica e ambiental. (PDE 2019, 2009).

O último publicado, PDE 2019, mostra um cenário bastante favorável a expansão de PCHs para os próximos anos. De acordo com o estudo o país deve praticamente dobrar sua capacidade instalada em relação as PCHs.

FONTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HIDRO	83.169	85.483	86.295	88.499	89.681	94.656	100.476	104.151	108.598	116.699
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	8.860	9.356	9.856	11.327	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533
CARVÃO	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3.380	4.820	5.246	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864
ÓLEO DIESEL	1.728	1.903	1.703	1.356	1.149	1.149	1.149	1.149	1.149	1.149
GÁS DE PROCESSO	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687
PCH	4.043	4.116	4.116	4.516	5.066	5.566	5.816	6.066	6.416	6.966
BIOMASSA	5.380	6.083	6.321	6.671	7.071	7.621	7.621	7.771	8.121	8.521
EÓLICA	1.436	1.436	3.241	3.641	4.041	4.841	4.841	5.241	5.641	6.041
TOTAL	112.455	118.376	122.677	130.773	133.304	141.534	147.604	152.079	157.626	167.077

Tabela 2 - Previsão de Evolução de PCH – [fonte:PDE]

Para este desenvolvimento ocorrer, é preciso investir e fazer com que as PCHs continuem competitivas em relação a outras fontes alternativas, em alguns casos como para a energia eólica, existe a isenção de ICMS, o que contribui para uma competição injusta entre as fontes, é preciso existir isonomia. Outros grandes entraves na expansão das PCHs são as dificuldades de licenciamento ambiental e a burocracia um tanto complexa para as usinas saírem do papel.

De acordo com ABRAGEL – Associação Brasileira de Energia Limpa , as PCHs, possuem um potencial de 26000 MW, ou seja, o potencial explorado hoje fica próximo dos 3300MW que corresponde apenas a 12% do total. Se considerarmos a capacidade instalada hoje, elas poderiam corresponder a 25%.

3. Viabilização de PCH

Os serviços de energia elétrica, são de competência da União por serem de interesse público, e podem ser explorados diretamente ou outorgados mediante autorização, concessão ou permissão. Para PCHs de acordo com o artigo 26 da Lei 9.427/96 temos:

Art. 26. *Cabe ao Poder Concedente, diretamente ou mediante delegação à Aneel autorizar:*

I – o aproveitamento de potencial hidráulico de potencia superior a 1000 kW e igual ou inferior a 30000 kW, destinado à produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena central hidrelétrica;

Os prazos e garantias, bem como as etapas para outorga da autorização do empreendimento dito como PCH, ficam todas estabelecidas pela ANEEL na Resolução Normativa 343/08.

Antes de tudo devemos lembrar que para que uma PCH possa se tornar viável temos que pensar que necessitamos de basicamente três itens: recursos hídricos (vazão), queda e uma linha de transmissão próxima. Muitas vezes temos os 2 primeiros mas infelizmente o custo da construção inviabiliza o empreendimento devido a sua relação de baixa potência ao custo de linha de transmissão. Por outro lado a PCH pode ser viabilizada de modo que não se interligue ao SNI (Sistema Nacional Interligado) e nesse caso faça um geração para um carga específica. Devemos ter em mente também que as PCHs não são controladas pelo ONS (Operador Nacional do Sistema), ou seja ele não possuiu controle sobre a quantidade de energia despachada por esse tipo de usina.

Para a obtenção da autorização para o empreendimento existem algumas etapas a serem seguidas , são elas 1. Estimativa do Potencial Hidrelétrico – 2. Inventário elétrico – 3. Viabilidade – 4. Projeto Básico – 5. Projeto Executivo. Esse é caminho, desde a idealização do empreendimento até sua entrada em operação comercial. Abaixo estão descritas sucintamente as etapas do processo.



Figura 3 - Etapas de uma PCH

Na estimativa do potencial hidrelétrico, uma análise é feita em escritório com dados da bacia em relação a topografia, hidrologia, geologia e meio ambiente, para ver realmente a existência da possibilidade da instalação de um empreendimento na bacia em questão.

A próxima fase, o Inventário Hidrelétrico, vai repetir os mesmos estudos só que agora de maneira detalhada, com dados secundários de levantamentos em campo. No fim dessa análise, se consegue estudar possíveis arranjos de aproveitamentos levando em conta seu custo/benefício e índice socioambientais.

Na viabilidade, depois de já verificado o potencial da bacia, são feitos estudos que mostram se o empreendimento se tornará realmente viável considerando os fatores: técnicos, socioambientais, energéticos e econômicos. Nessa fase os estudos são elaborados com dados a serem levantados em campo para o EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental), do empreendimento com o objetivo de se conseguir a Licença Prévia junto aos órgãos ambientais. Com a LP (Licença Prévia), o empreendimento já pode entrar no leilão de fontes alternativas, e comercializar sua energia.

Agora como estudo de Viabilidade completo, vamos ao Projeto básico que já é bastante detalhado, definindo características técnicas das obras civis e equipamentos eletromecânicos e programas socioambientais. O projeto básico deve atender as recomendações incluídas no EIA, para se obter a LI (Licença de Instalação) para o início das obras.

Nessa última fase, o Projeto executivo, o objetivo é detalhar todos os desenhos das obras civis e especificações dos equipamentos eletromecânicos necessários às obras e a montagem dos equipamentos. Todos os programas socioambientais para minimizar os impactos devem ser implantados para a obtenção da Licença de Operação.

As etapas podem parecer bastantes parecidas, mas cada uma tem seu propósito específico de detalhar cada vez mais o projeto, para que não haja problemas na obtenção das licenças e nos requerimentos aos órgãos competentes. É um caminho bastante árduo, mas com isso os riscos vão sendo mitigados a cada fase e o empreendimento se mostra viável. Outro ponto importante a ser lembrado, é que PCHs, diferentemente de UHE, não precisam de processo licitatório.

É necessário para a exploração do aproveitamento o aporte de garantias, primeiramente temos a garantia de registro, que é na verdade um caução para a execução do projeto básico e é calculada da seguinte maneira:

$$VG = \frac{[(V_{m\acute{a}x}(P - 1000) - V_{m\acute{i}n}(P - 30000)]}{29000}$$

Onde:

VG = Valor da garantia em R\$;

P = potencia da PCH estimada no estudo de inventário hidrelétrico aprovado pela ANEEL, em kW;

$V_{m\acute{a}x}$ = Valor máximo da garantia = R\$ 500.000,00

$V_{m\acute{i}n}$ = Valor mínimo da garantia = R\$ 100.000,00

Essa garantia tem a ANEEL como beneficiária, e vigorará por no mínimo 24 meses, podendo ser renovada quantas vezes forem necessário, desde que se solicite com até 15 dias de antecedência da data de vencimento. Com o projeto básico a aprovado, a garantia de registro deve ser substituída, ainda de acordo com a Resolução Normativa 343/08 pela garantia de fiel cumprimento, esta estabelece o valor de 5% do investimento equivalente a R\$ 4000/kW instalado, visto como referência o projeto básico. A devolução da garantia de fiel cumprimento, se dará ao longo das obras de acordo com cada etapa realizada. Uma PCH, é um projeto multidisciplinar e envolve em toda sua concepção diferentes áreas.

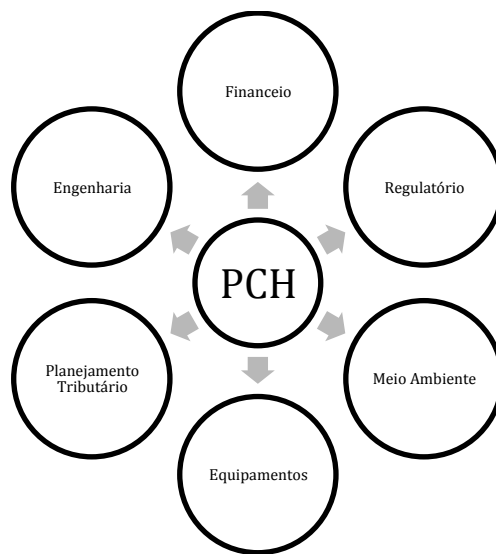


Figura 4 - Visão Multidisciplinar do empreendimento PCH

3.1 Etapas para um empreendimento de PCH

Após o estudo de inventário hidrelétrico, e seu registro na ANEEL, se dá início aos procedimentos da Resolução 343/08 para viabilização do empreendimento. O registro junto a ANEEL, pode ter duas classificações, ativo e inativo. Quando o registro é ativo, significa que ele é considerado válido pela ANEEL devido ao acompanhamento dos estudos. Já um registro inativo, é considerado insubsistente pela ANEEL.

Ainda de acordo com a 343/08 temos os seguintes passos:

- a) Registro para elaboração do projeto básico: fase em que será registrado o interesse do agente para realização do projeto básico, sendo obrigatória a apresentação de aporte de garantia de registro em favor do órgão regulador.
- b) Garantias de registro e fiel cumprimento: definições técnicas e econômicas para o recolhimento das garantias de registro e fiel cumprimento das obrigações decorrentes do ato autorizativo.
- c) Condições Gerais do Projeto Básico: definições e exigências técnicas para desenvolvimento do projeto básico e seus respectivos estudos fundamentadores.
- d) Aceite do projeto básico e seleção do interessado: Condições para aceite, pela Aneel, do projeto básico apresentado e critérios para a seleção do interessado caso existam dois ou mais projetos básicos para o mesmo aproveitamento.

- e) Análise e Aprovação do Projeto Básico: fase em que a ANEEL procedera a análise do projeto básico único, ou do primeiro classificado, tendo como ênfase aspectos definidores do potencial hidráulico.
- f) Outorga da Autorização: fase posterior à publicação da aprovação do projeto básico, na qual o interessado devera protocolar os documentos de regularidade jurídica, fiscal, econômica, financeira e de adimplemento setorial para a efetiva outorga da resolução de autorização.

Nas figuras abaixo podemos ver o caminho e prazos até a autorização, de acordo com a Resolução Normativa 343/08

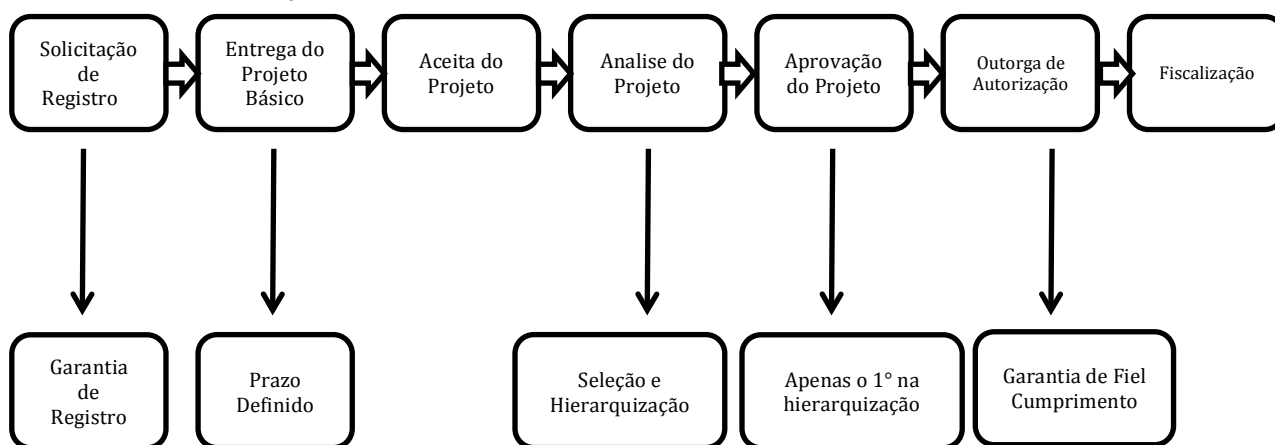


Figura 5 - Etapas de Registro para Regularização e Operação

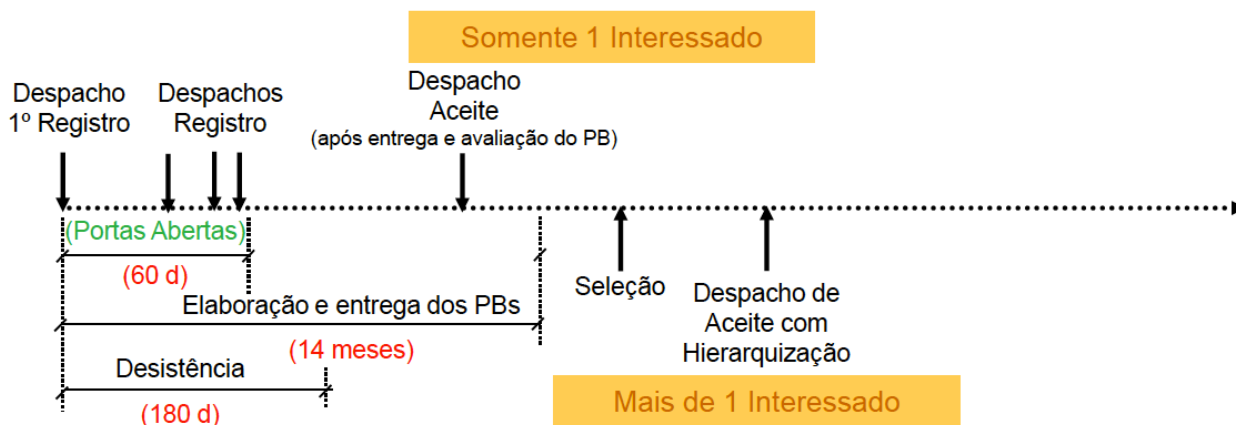


Figura 6 - Prazos para Registro e Aceite [Fonte ANEEL]

3.2 Incentivos as PCHs

Para a ampliação das participações das PCHs na matriz energética nacional existem inúmeros incentivos. Como é uma energia renovável e com tecnologia conhecida os incentivos financeiros fazem com que PCHs se tornem uma opção bastante atraente os olhos dos investidores. Aqui vamos citar os principais para as PCHs.

3.2.1 Principais Incentivos

- Descontos superiores a 50% da TUST/TUSD (Taxa do uso sistema de transmissão / Taxa do uso do sistema de transmissão)
- Livre comercialização com consumidores > 500 kW
- Isenção da CFURH (Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos)
- Participação na CCC (Cota de Consumo de Combustíveis), quando substituir geração térmica a óleo diesel em sistemas isolados.
- Comercialização com agentes de distribuição, com limite tarifário definido pela ANEEL.
- Obtenção da concessão sem licitação. Outorga da autorização não onerosa.
- Possibilidade de RAS (Relatórios Ambientais Simplificados) na solicitação do licenciamento ambiental.
- Isenção de pagamento de UBP (Uso de bem publico)
- Isenção de aplicar em P&D 1% do faturamento
- Garantia física calculada com base na media da serie de vazões
- Regulamentação da participação das PCH no MRE e definição da metodologia de calculo de energia Assegurada
- Possibilidade de se optar pelo regime de tributação pelo lucro presumido

3.2.2 Programa de Incentivo as Fontes alternativas de energia (PROINFA)

O PROINFA, foi criado em 2004 pelo MME objetivando a instalação de 3300 MW, distribuídos entre fontes eólicas, PCHs e biomassa, complementando o sistema elétrico interligado com fontes sustentáveis. A energia gerada é adquirida pela Eletrobrás por meio de contratos com duração de 20 anos. Em apenas 6 anos já foram contratados 3300 e estima-se, de acordo com o MME, que entrarão em operação cerca de mais

1597,77 MW. Segundo o MME, existem 49 empreendimentos de PCH em operação gerando 977 MW e mais 13 projetos em construção com 203 MW, totalizando 1181 MW em PCHs.

4. Inventário Hidroelétrico com foco em PCHs

4.1 Definição

O estudo de inventário hidroelétrico é a etapa em que se avalia o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica, estabelecendo uma divisão de quedas que propicie um “aproveitamento ótimo”, ou seja, um máximo de energia ao menor custo minimizando os efeitos negativos sobre o meio ambiente e levando em consideração o uso de recursos múltiplos da água.

4.2 Tipos de inventário hidrelétrico

Um estudo de inventário hidrelétrico de uma bacia hidrográfica são realizados em quatro fases: 1. Planejamento do Estudo – 2. Estudos Preliminares – 3. Estudos Finais – 4. Avaliação Ambiental Integrada (AIA).

Se considerarmos as 4 fases, teremos um estudo de inventário hidrelétrico PLENO, que é utilizado para bacias hidrográficas com potencial superior a 50MW. Para PCHs podemos utilizar o estudo de inventário hidrelétrico SIMPLIFICADO, que no caso utiliza apenas as fases 1 e 2, os estudos 3 e 4, acabam que por ser englobados, por serem mais simples nas PCHs, na fase 2, e pode ser realizado para bacias hidrográficas com potenciais de 1 a 50MW. Apesar disto, à critério da ANEEL, em aproveitamentos superiores a 30MW e inferiores ou igual a 50MW pode ser solicitado a elaboração de estudo de inventário hidrelétrico PLENO. Na tabela abaixo vemos os critérios práticos:

	PLENO	SIMPLIFICADO
Potencial da bacia hidrográfica	>50MW Exceções >30MW e <=50MW	> 1MW e < 50MW
Fase da Escolha de Aproveitamento ótimo	Estudos Finais	Estudos Preliminares

Tabela 3 – Critérios práticos para escolha de tipos de estudos de inventário hidrelétrico

No presente trabalho, voltado para PCHs, vamos por em foco o inventário simplificado e os principais critérios e como são analisados em cada fase.

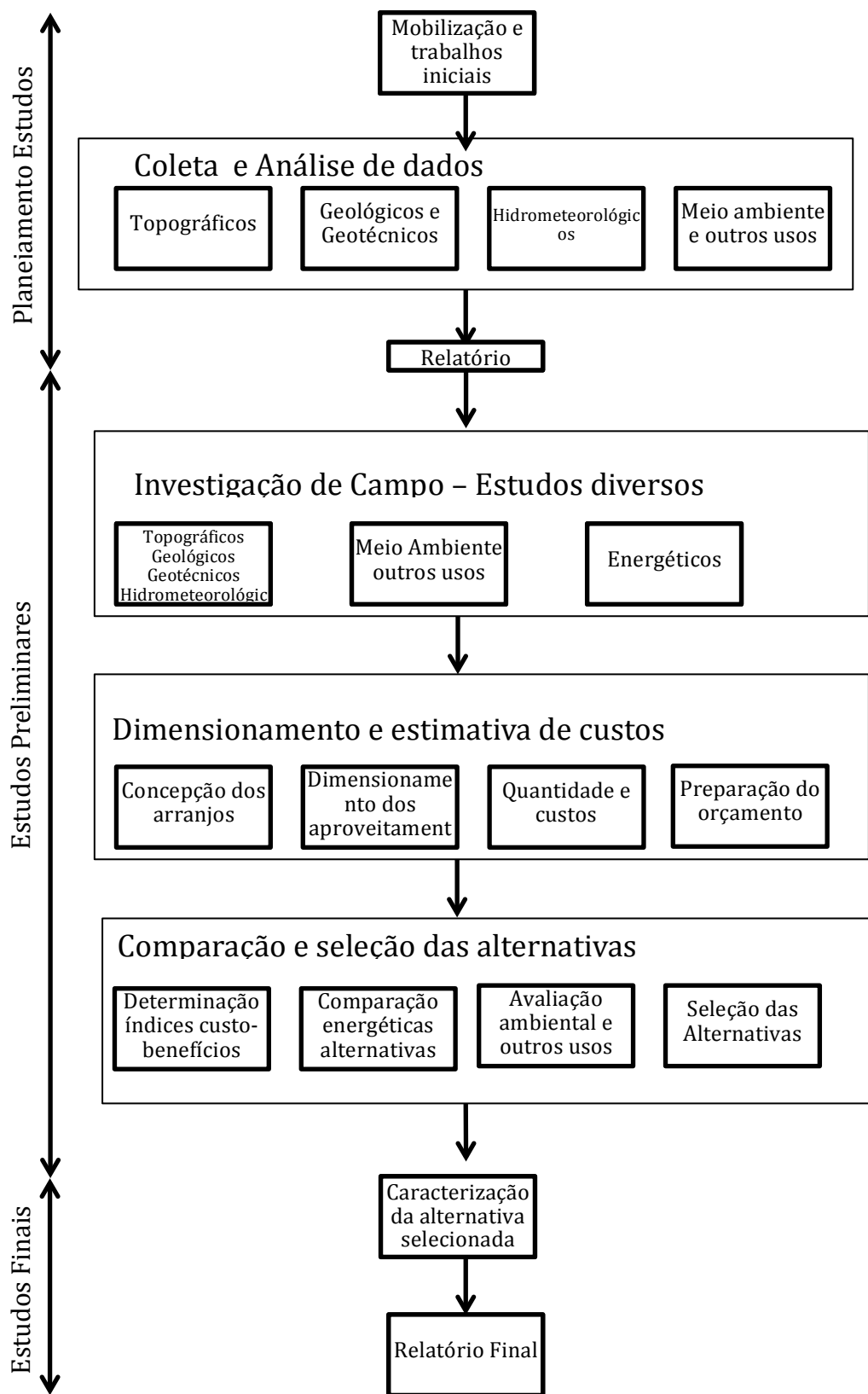


Figura 7 - Inventário Simplificado

4.3 Principais critérios para estudo de inventário hidrelétrico

Para o estudo de inventário hidrelétrico a ANEEL faz à análise através de alguns critérios, que são eles: energéticos, usos múltiplos da água, socioambientais, econômicos e técnicos, sempre visando a maximização da eficiência econômico-energética e minimizando impactos negativos advindos da instalação do aproveitamento.

4.4 Fases de um inventário hidrelétrico Simplificado

Como foi visto acima um estudo de inventário hidrelétrico é composto por fases, neste capítulo veremos de maneira prática de como se proceder em cada fase, com o objetivo de se redigir um relatório enxuto e conciso com as informações realmente necessárias e que fazem a diferença na hora do registro junto a ANEEL.

4.4.1 Planejamento do Estudo

Este momento é onde se realmente começa o processo de inventariado, discriminando e organizando as atividades necessárias a realização do mesmo, já estimando seu custo e duração.

As informações a serem levantadas nesta fase compreendem dados cartográficos, geológicos, geotécnicos, hidrometeorológicos, sedimentométricos, socioambientais e de custo, de caráter regional e local.(Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.63)

Com os dados em mãos pode-se planejar os levantamentos de dados adicionais em campo para as próximas etapas, bem como já se ter uma ideia das alternativas possíveis de divisão de quedas, e principalmente estimar o potencial energético da bacia em estudo.

Um dos objetivos desta fase é evitar levantamentos de campos desnecessários, que resultem em custos maiores para o inventário, logo caso a região a ser estudada seja relativamente conhecida, busca-se em instituições adequadas (ANA, ANEEL, EPE, etc.) informações sobre a mesma. Aqui já se faz necessário a comunicação dos estudos a órgãos ambientais e de recursos hídricos.

Para os dados cartográficos, deve-se procurar: cartas topográficas (planialtimétricas) e mapas temáticos, verificando a confiabilidade de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) – Pontos de apoio planimétrico e altimétrico – levantamento de apoio geodésico, verificando a precisão, disponibilidade integridade dos marcos de apoio fundamental.

Os dados hidrometeorológicos e sedimentológicos a serem coletados correspondem as séries de descargas diárias líquidas e sólidas e informações meteorológicas – precipitação, vento, insolação, temperatura etc. – das estações já existentes na bacia, com dados confiáveis e período de registro suficientemente longo. Devem ser levantadas as principais informações disponíveis, tais como fichas descritivas das estações, resumos das medições de descarga líquida e sólida, registro de observações de níveis de água ou limnigramas e registro de altura de chuva ou pluviogramas, além de eventuais análises de consistência e de preenchimento de falhas de dados realizadas.(Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.66)

Não havendo dados suficientes, durante os Estudos Preliminares, faz-se necessário gerar séries de vazões medias mensais e as vazões extremas a partir de modelos determinísticos ou estudos da região da bacia com base nos dados existentes.

Na sedimentologia faz-se necessário além coleta de dados sejam levantados dados sobre a erosão na bacia, uso do solo e desmatamento, sem esquecer de identificar trechos onde os processo de erosão e assoreamento possam se alterar com a instalação do reservatório.

O uso de recursos múltiplos da água deve ser verificada para se conhecer as potencialidades da bacia e a compatibilidade com o Plano Nacional de Recursos Hídricos Considerar a possibilidade de usos futuros do reservatório, bem como a exploração turística e buscar outros usos tais como irrigação, navegação, abastecimento à população que possam interferir ou mesmo impossibilitar a instalação ao aproveitamento.

Os dados geológicos e geotécnicos a serem coletados deverão contemplar informações que permitam caracterizar as condições de fundação e escavação para implantação das estruturas e os materiais naturais de construção a serem utilizados na implantação dos aproveitamentos e elementos para subsidiar os estudos ambientais. Deverão ser levantadas informações geológicas e geomorfológicas na bacia hidrográfica, com relação as fontes de erosão, recursos minerais, estabilidade de encostas naturais, sismicidade natural e induzida, estanqueidade e conformação dos reservatórios.(Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.69)

Os dados pertinentes a esse levantamento são: Dados geotécnicos de usinas hidrelétricas na região ou condições semelhantes às existentes na área de estudo –

Mapas geológicos, geomorfológicos, potências de mineralização. Mais uma vez se faz necessário informações confiáveis para a aplicação no estudo.

Os dados socioambientais devem permitir a identificação das questões mais significativas e, especialmente, aquelas que possam vir a se configurar em restrições ou oportunidades, de modo a influenciar a definição dos locais barráveis e a identificação preliminar das alternativas de divisão de queda, bem como subsidiar a elaboração do programa de trabalho e a estimativa de custo das etapas subsequentes.(Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.71)

Os aspectos socioambientais levam em conta vários fatores, entre eles: A presença de grupos indígenas, unidades de conservação, atividade pesqueira comercial, ocorrência mineral de valor econômico e estratégico, fauna, flora, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e atividades econômicas.

Com a posse de todos esses dados, torna-se viável a identificação de possíveis locais barráveis e confecção de um mapa. Devemos observar os trechos com já são naturalmente favoráveis, como corredeiras e quedas de água, bem como os locais que apresentam estreitamentos acentuados. Com o mapa em mãos e os dados cartográficos, topográficos, geológicos, hidrológicos, faz-se um reconhecimento de campo para a verificação e confirmação dos estudos. Havendo a necessidade faz-se a inclusão e/ou exclusão de possíveis lugares barráveis, devido aos novos dados coletados em campo. Torna-se possível agora determinar uma primeira alternativa de divisão de queda e a avaliação do potencial energético da alternativa escolhida.

O fim desta fase se dá com a formulação de um relatório técnico-gerencial do Planejamento de Estudo que deve conter os objetivos a serem atingidos nas fases posteriores do estudo de inventário hidroelétrico (Estudos Preliminares, Estudos Finais e Avaliação ambiental Integrada).

Os principais itens do relatório são: Avaliação do Potencial Energético – Avaliação das restrições e limitações impostas aos prováveis aproveitamentos – Programa de trabalho contendo atividades, prazos e custos.

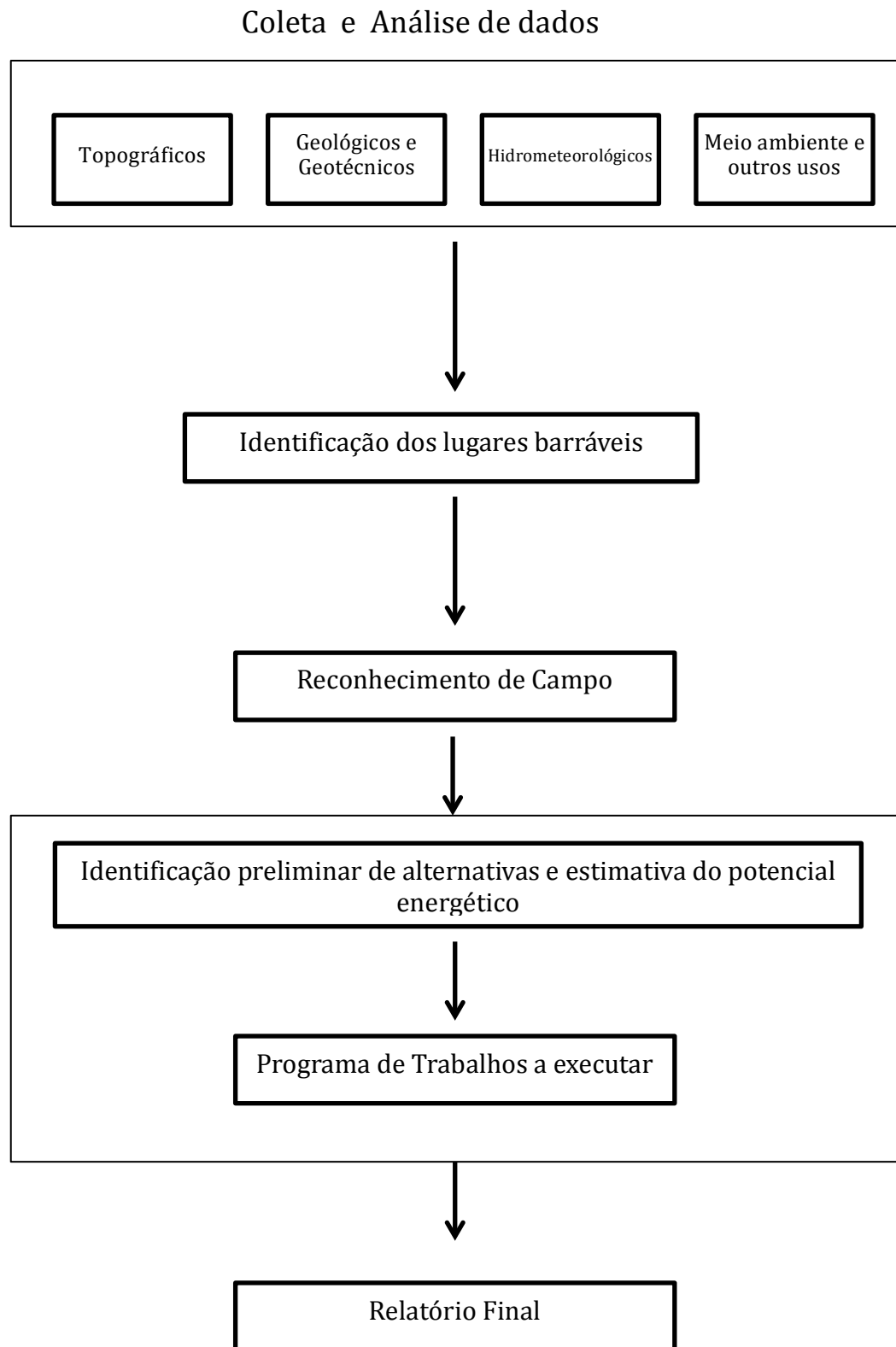


Figura 8 - Fluxo Planejamento Estudos

4.4.2 Estudos Preliminares

Está e a fase que ser olhada com maior atenção para o estudo de inventário hidrelétrico voltado para PCHs, pois é nela onde o “aproveitamento ótimo” é escolhido para as alternativas propostas. Faz se uma comparação entre as alternativas propostas e elimina aquelas que não são competitivas pela ótica da eficiência econômico-energética e dos impactos socioambientais negativos calculados.

Para a escolha, devemos executar os estudos planejados anteriormente: Cartografia, Hidrometeorologia, Geologia e Geotecnia, Meio Ambiente, usos múltiplos da água e estudos energéticos. Nesta fase devemos também fazer uma avaliação dos impactos socioambientais negativos, além do dimensionamento e estimativa de custos. Com todos os dados em mãos utilizaremos dois índices, Custo/Benefício Energético e Socioambiental Negativo para a seleção das alternativas.

4.4.2.1 Cartografia

A obtenção de cartas e levantamentos topográficas para o estudo de inventário hidrelétrico, é obrigatório que as amarrações planialtimétricas e altimétricas sejam efetuadas a partir de marcos geodésicos e de Referências de Nível do Sistema Geodésico Brasileiro, definidos pelo IBGE. Os métodos utilizados para obtenção de tais documentos, devem produzir produtos cartográficos compatíveis com os usos e necessidades do estudo, além de atender os aspectos regionais e levar em conta o bioma característico, altura média prevista para barragens, interferências em cidades, agrupamentos urbanos, estradas, ferrovias, áreas indígenas e ambientais, etc.

Atendendo as especificidades de seu uso final, esse produto deverá dar especial atenção a hidrografia, a correta identificação (toponímia) do curso principal da bacia mapeada e seus afluentes, evidenciando seus pontos de alteração de declividade, estreitamentos, gargantas, corredeiras e quedas de água.

No fim do estudo, o relatório gerado deverá conter as respectivas curvas cota x área e cota x volume dos reservatórios de cada sítio contemplado nas divisões de queda, para subsidiar os estudos energéticos, de usos múltiplos da água e socioambientais.

4.4.2.2 Hidrometeorologia

Esses estudos tem como objetivo caracterizar os elementos relacionados à estimativa do potencial energético e ao dimensionamento das estruturas. Esses elementos são: Caracterização Fisiográfica e Climatológica da Bacia, Evaporação

Liquida, Séries de Vazões nas estações fluviométricas, Series de Vazões Naturas Medias Mensais, Estudos do Regime de Vazões Mínimas, Estudos de Cheia, Curva-chave no Canal de Fuga, Estudos de Transporte de Sedimentos e de Assoreamento nos Reservatórios, Vida útil do aproveitamento, Efeitos no Transporte de Sedimentos a Jusante dos Barramentos e Controle de Sedimentos.

4.4.2.3 Geologia e Geotecnia

Esses estudos buscam por possíveis posicionamentos de locais para barramento e estruturas associadas, bem como a busca de recursos naturais de construção – jazidas de areia, cascalhos, solo e rocha.

4.4.2.4 Meio Ambiente

O levantamento de dados e informações socioambientais deve ser complementar ao realizado na etapa anterior, de forma a atender aos conteúdos para representar o sistema socioambiental, subsidiando a análise dos impactos negativos e positivos e as necessidades dos estudos de Avaliação Ambiental Integrada.

4.4.2.5 Alternativas de divisão de quedas

Agora, com base nos estudos acima é possível a formulação de alternativas de divisão de queda, que deverão incluir reservatórios de regulação nos trechos mais a montante da bacia para que beneficiem os aproveitamentos a jusante. O benefício desses reservatórios será quantificado nos estudos energéticos.

4.4.2.6 Estudos Energéticos

Estudos Energéticos têm como objetivo a avaliação das possibilidades de geração de cada aproveitamento inventariado e dos seus benefícios energéticos para o sistema de referência considerado, visando o pré-dimensionamento das principais características dos reservatórios, conjuntos turbinas-geradores e avaliações de competitividade econômica de aproveitamentos e de alternativas de divisão de queda como um todo. (Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.131)

Neste momento do estudo faremos os cálculos de energia firme do aproveitamento, mostrando se vai haver viabilidade do empreendimento. Para PCHs, este momento é crucial, pois com os cálculos feitos aqui, podemos estimar dados econômicos do projeto.

O que vamos apresentar aqui se encontra disponível no SINV – Sistema de Inventário de Bacias hidrográficas - software fornecido pela Eletrobrás que realiza esses cálculos de maneira bastante simples e objetiva.

Primeiramente, fazemos o cálculo da energia firme do aproveitamento para sabermos o nível de atratividade econômico-energético, lembrando que essa metodologia é voltada para um inventário simplificado, para PCHs. Será calculada por:

$$EF = \frac{\mu \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H_{liq}}{1000} \cdot \Delta t, \text{ ou}$$

$$EF = 0,0083 \cdot Q \cdot H_{liq} \text{ (MW médio)}$$

Onde:

EF = energia firme estimada em MQ médios, considerando-se Q e H_{liq} constantes durante o funcionamento da usina;

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

Δt = intervalo de tempo de 1s;

Q = vazão mínima medida no local, ou $Q_{95\%}$, ou, ainda, a vazão média $\bar{Q}$ ao longo do período crítico do sistema interligado (m^3/s)

H_{liq} = queda líquida (m);

A vazão Q do local deverá ser calculada de acordo com os dados hidrometeorológicos da região, já a queda líquida será igual a queda bruta menos as perdas hidráulicas, adotadas num primeiro momento como 3% para casas de força ao pé da barragem e 5% para aduções em túnel/canal.

Para o cálculo da potência instalada usaremos a seguinte fórmula:

$$Pot = \frac{EF}{F_c},$$

Onde:

Pot = Potência instalada (MW)

F_c é o fator de capacidade, para PCH adotamos nesta fase como 0,55.

Agora com os esses dados, já é possível para cada aproveitamento um arranjo esquemático que permita o cálculo aproximado das dimensões das estruturas para por fim se obter uma estimativa de custos real. Os impactos socioambientais devem ser estimados de maneira simplificada, e também serão incluídos na estimativa de custos.

Para finalizarmos esta fase faremos agora uma comparação e seleção entre as alternativas através dos já citados índices: Custo-benefício energético e socioambiental negativo.

Índice Custo-Benefício Energético (ICB) é definido como a razão entre seu custo total anual e seu benefício energético, para podermos utilizar esse índice, temos que conhecer o CUR, que é o custo unitário de referência, e caso o ICB seja menor que o CUR a PCH é considerada economicamente competitiva. E o COM, Custo anual de operação e manutenção.

O CUR se define como:

$$CUR = CRE + \frac{CRP}{8,76} \cdot F_k$$

Onde:

CRE = Custo de Referência de energia, é o custo de geração em R\$/MWh e o custo o qual acima dele qualquer usina deixa de ser competitiva. O valor é fornecido pelo poder concedente.

CRP = Custo de Referência de Ponta, é o valor em R\$/kW/ano, a partir do qual o benefício de motorização adicional de usinas deixa de ser economicamente competitivo. O valor é fornecido pelo poder concedente.

F_k = Fator de capacidade, e neste caso também pode ser adotado como 0,55.

O COM é definido como:

$$COM = a \cdot P^{-b}$$

Onde:

P = Potência instalada em MW

a = 87,343

b = 0,3716

Finalmente definimos ICB como:

$$ICB = \frac{CT \cdot CUR \cdot (\Delta Ef^* - \Delta Ef_a)}{8760 \cdot \Delta Ef}$$

Onde:

ICB = índice de custo-benefício energético

CT = custo total da usina em R\$

ΔEf^* = ganho de energia firme fornecido pela alternativa com maior produção

ΔEf_a = ganho de energia firme fornecido pela alternativa em questão.

O custo total se define por:

$$CT = C \cdot FRC + P \cdot COM \cdot 10^3$$

Onde:

C = Custo do aproveitamento em R\$, incluindo juros durante a construção.

FRC = Fator de recuperação de capital, ao longo da vida útil do aproveitamento, segundo a taxa de desconto adotada, definido pela expressão seguinte:

$$FRC = \frac{j \cdot (1 + j)^z}{(1 + j)^z - 1}$$

onde:

j = taxa anual de desconto definida pelo poder concedente

z = vida economia útil de usina , normalmente considera-se 50 anos.

COM = Custo anual de operação e manutenção de usinas hidrelétricas em R\$/kW/ano.

Tendo em vista as interdependências entre aproveitamentos, não se deve ficar restrito a verificação da competitividade econômico-energética isolada dos aproveitamentos, devendo-se também verificar a existência de conjuntos de aproveitamentos não competitivos, comparando-se índices custo-benefício energéticos de conjuntos de aproveitamentos com o custo unitário de referencia. Deve-se verificar pelo menos conjuntos de até três aproveitamentos.

Índice Socioambiental Negativo de uma alternativa de divisão de queda deve expressar a intensidade do impacto negativo sobre a área de estudo do conjunto dos aproveitamentos que a compõem. Nos Estudos Preliminares, a obtenção deste índice visa a hierarquização das alternativas em função do atendimento ao objetivo de minimização dos impactos socioambientais negativos, de modo a subsidiar a seleção daquelas que irão ser objeto de análise nos Estudos Finais. (Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, 2007 p.177)

O cálculo desse índice é bastante complexo e pode ser feito automaticamente apenas com a inserção dos dados dessa fase no software SINV. Aqui iremos apenas discutir o resultado final.

Com o índice socioambiental calculado podemos montar o gráfico abaixo (Índice socioambiental negativo x índice custo/benefício energético) e a partir da sua análise concluir a seleção das alternativas mais viáveis.

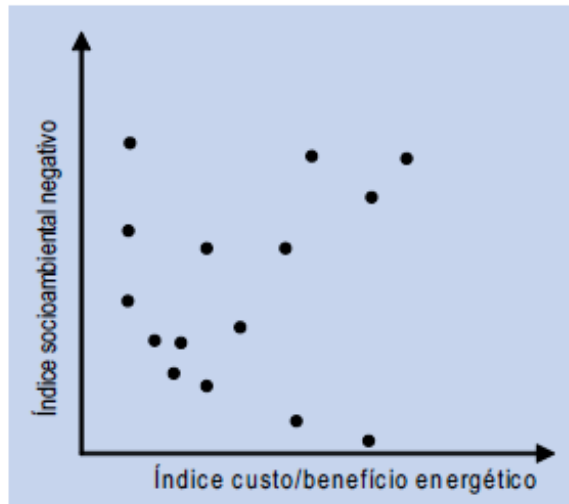


Figura 9 - Analise Índices

A escolha da melhor alternativa deve ficar próxima da região inferior esquerda da figura, já que essa região corresponde pela minimização dos dois índices. Devem ser evitadas regiões extremas e alternativas dominadas. Uma alternativa dominada ocorre quando existe uma outra alternativa com ambos índices inferiores. Após isso restam as alternativas que podem vir a serem escolhidas para a criação do Projeto Básico. Na escolha da melhor alternativa o software SINV também faz esses calculo.

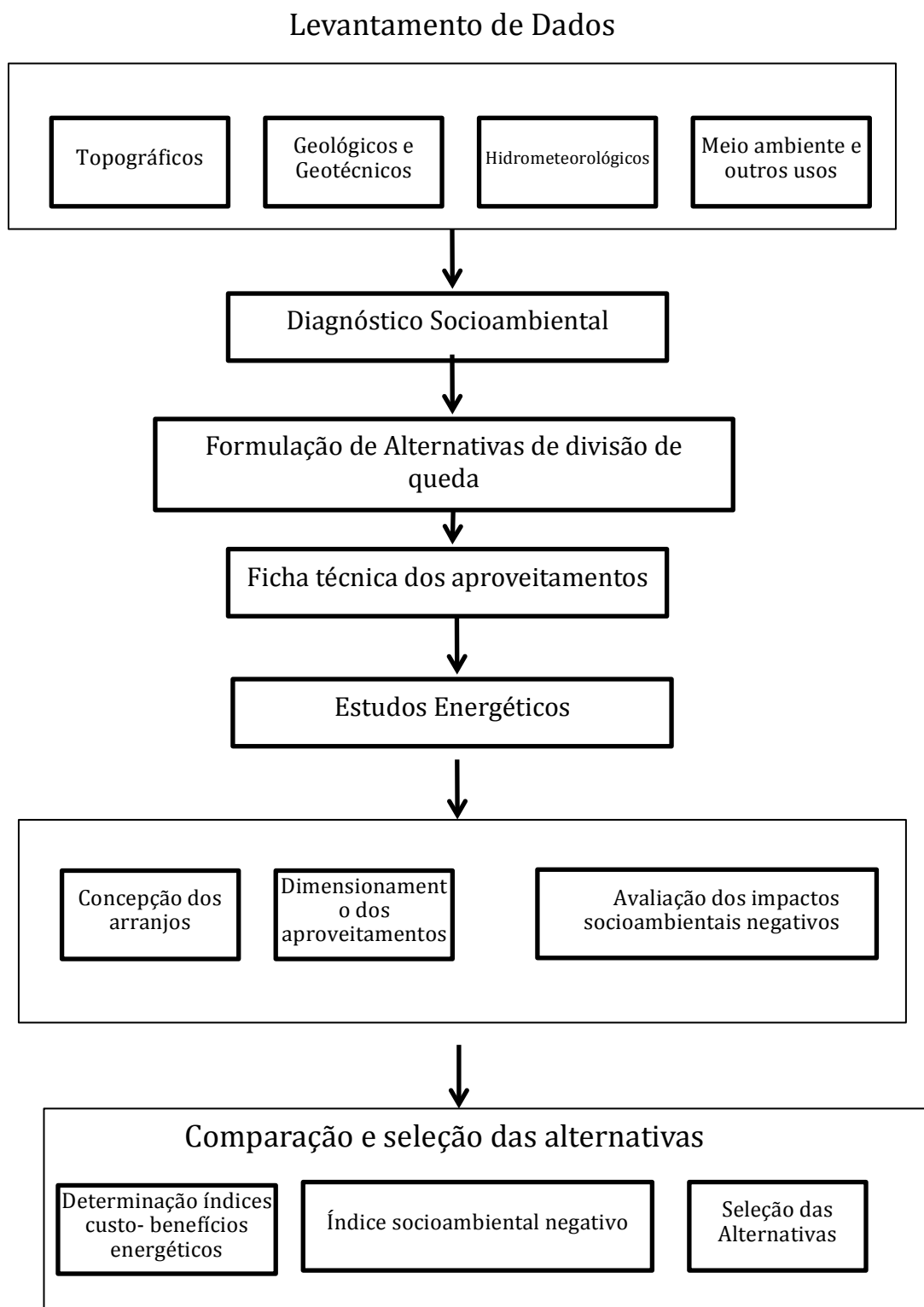


Figura 10 - Fluxo dos Estudos Preliminares

4.4.3 Estudos Finais

Nesse momento ocorre a caracterização da alternativa selecionada e a criação de um relatório técnico final. Aqui estão consolidados todos os dados técnicos das fases anteriores.

Agora o inventário é submetido a ANEEL para a aprovação e aguarda, caso seja aprovado a publicação no DOU (Diário Oficial da União).

Após a aprovação dos Estudos de Inventário, os empreendedores interessados em obter outorga de autorização para implantação de uma determinada PCH deverão submeter requerimento específico à ANEEL. O referido requerimento consiste na entrega do projeto básico da PCH de interesse.(Guia do empreendedor de pequenas centrais hidrelétricas,2003 p.41)

5. Conclusão

No estudo vimos o crescimento que as PCHs tiveram nos últimos anos, e que continuará a crescer na próxima década de acordo com o PDE. A cada ano sua participação na matriz energética fica mais relevante.

Como se pode verificar as PCHs são bastantes atraentes quando comparada a outras fontes alternativas de energia devido a sua tecnologia totalmente conhecida e incentivos governamentais e com as outras fontes como eólicas ainda contam com uma tecnologia em grande desenvolvimento, dificilmente veremos grandes evoluções em tecnologia de equipamentos para empreendimentos hidrelétricos.

Apesar de todas essas vantagens verificou-se que o caminho até a operação comercial do empreendimento é bastante complexa. Um estudo de inventário hidrelétrico é o embrião da PCH e se não for feito com muito cuidado seguindo as normas propostas pode vir a ser um tiro no pé do próprio investidor já que o estudo de inventário hidrelétrico é todo financiado por ele. A qualidade do projeto básico depende todo de um inventário de qualidade feito por profissionais qualificados.

A necessidade de se buscar os dados atuais e confiáveis e de imprescindível importância para a qualidade do inventário, e evitar levantamentos de campo desnecessários apenas gerando mais ônus ao empreendimento.

Podemos concluir para que o registro de inventário seja aceito como ativo e se consiga dar continuidade ao trabalho deve-se focar em nos pontos crucias que virão a ser analisados qualitativamente pela ANEEL: estudos cartográficos e topográficos; série de vazões e cheias; estudos energéticas. Um estudo focado nesses pontos conseguirá a aprovação da ANEEL e dará continuidade ao empreendimento encurtando o tempo até a operação comercial e consequentemente reduzindo custos. Um ultimo ponto que gostaria de ficasse claro a todos é que uma PCH, apesar do nome não pode ser considerada uma usina pequena.

6. Bibliografia

- [1] CARNEIRO, Daniel Araújo, PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas: Aspectos Jurídicos, Técnicos e Comerciais
- [2] ANEEL. www.aneel.gov.br. Acessado em 25.10.2010 – BIG – Banco de Informação da Geração
- [3] Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2010
- [4] Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas / Ministério de Minas e Energia, CEPEL. – Rio de Janeiro : E-papers, 2007.
- [5] ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. “Diretrizes para Estudos e Projetos de PCH”, Ed Eletrobrás, RJ, 2000.
- [6] Guia do empreendedor de pequenas centrais hidrelétricas / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2003.
- [7] MAUAD, F. F. Aproveitamentos Hidrelétricos, São Carlos, 2004.
- [8] FABRIZI, M. P. e PERI, G. Política Energética de Sistemas Isolados. O Caso das Pequenas Centrais Hidráulicas na França. IN: VI Congresso Brasileiro de Energia (Anais), Rio de Janeiro, 1993;