

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO TÉCNICO DE UM MICROSSISTEMA DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

DIEGO DE SOUZA ALMEIDA

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

DIEGO DE SOUZA ALMEIDA

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO TÉCNICO DE UM MICROSSISTEMA DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Joildo Fernandes Costa Júnior.

Caratinga/MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

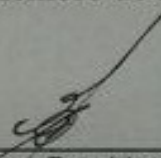
ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO TÉCNICO DE UM MICROSSISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Nome completo do aluno: **DIEGO DE SOUZA ALMEIDA**

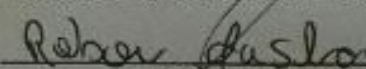
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Joildo Fernandes Costa Junior, Robson Da Silva e Daniel Mageste Butters, às 20:10 horas do dia 16 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: APROVADO (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ÓTIMA (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: () SIM () NÃO

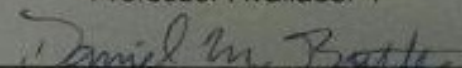
Caratinga, 16 de dezembro de 2016



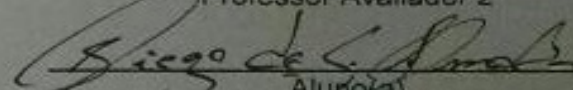
Professor Orientador e Presidente da Banca



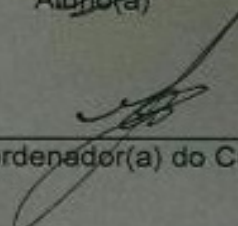
Professor Avaliador 1



Professor Avaliador 2



Aluno(a)



Coordenador(a) do Curso

A Deus por todas as benções desta vida e a todas as pessoas que caminham junto a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo, pela saúde, força, coragem, determinação e bençãos por ele derramadas sobre mim que me ajudaram a conquistar tudo que tenho nesta vida.

Agradecimentos especiais à minha família, à minha mãe Maria do Carmo de Souza Almeida e minha irmã Leidiana de Souza Almeida Soares por todo apoio durante esta longa caminhada, ao meu falecido pai, Wilson Gregório de Almeida por todo apoio durante minha vida. A minha namorada Elizabeth Lacerda por todo apoio e compreensão durante o curso. Agradeço a esta instituição, seu corpo docente, e seus funcionários que disponibilizaram esta janela que hoje vislumbro um ensino de nível superior.

Agradeço ao meu orientador Joildo Fernandes Costa Júnior por toda orientação, apoio e ajuda na elaboração deste trabalho. A todos os meus amigos do curso de engenharia elétrica por sempre estarem dispostos a compartilhar conhecimento e ajudar nos momentos difíceis, principalmente meus amigos Márcio Luís de Souza, Genício Malta de Freitas Júnior e Elton Santos.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem sucedidos”
(PROVÉRBIOS 16:3)

ALMEIDA, Diego de Souza. **Análise do Dimensionamento Técnico de um Microssistema de Geração de Energia Elétrica.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

Apresenta-se neste estudo uma análise do dimensionamento técnico de um microssistema de geração de energia elétrica através do aproveitamento de uma pequena queda d'água na propriedade do senhor Adilson Modesto Leal, situada na região rural da cidade de Dom Cavati, município no interior do estado de Minas Gerais, região Sudeste do país. A análise foi voltada para o dimensionamento do sistema de geração, estudando características do local, o correto dimensionamento de equipamentos para produção e distribuição da energia gerada, dentre outros assuntos relacionados à geração de energia elétrica. Tal análise foi conduzida levando em consideração normas vigentes e pesquisas bibliográficas sobre o assunto apresentado. Após o levantamento dos dados do local, determinou-se os tipos de equipamentos a serem utilizados, as obras civis necessárias para instalação do projeto e o tipo de turbina, gerador e cabo de transmissão mais adequado. Finalmente, uma tabela de custos do projeto foi elaborada com o objetivo de se determinar o custo final do mesmo.

Palavras-chave: Dimensionamento. Fontes de geração de energia. Energia elétrica.

ALMEIDA, Diego de Souza. **Análise do Dimensionamento Técnico de um Microsistema de Geração de Energia Elétrica.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

This study presents an analysis of the technical design of a microelectric power generation system through the use of a small waterfall in the property of Mr. Adilson Modesto Leal, located in the region of the city of Dom Cavati, a small town in the country side of the State of Minas Gerais, southeastern region of the country. The analysis was focused on the sizing of the generation system, studying the characteristics of the site, the correct sizing of equipment for production and distribution of the generated energy, among other subjects related to the generation of electric energy. This analysis was carried out considering the current norms and bibliographical research on the subject presented. After the site data was collected, the types of equipment to be used, the civil workers needed to install the project and the type of turbine, generator and transmission cable were determined. However, a project cost table was prepared with the objective of determining the final cost of the project.

Key-words: Sizing. Sources of energy generation. Electricity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo. . .	18
Figura 2	– Evolução do parque hidrelétrico brasileiro	19
Figura 3	– Resumo das alterações que ocorreram ao longo da história sobre o enquadramento de um projeto como PCH.	20
Figura 4	– Empregos dos blocos de apoio e ancoragem	28
Figura 5	– Localização da unidade geradora.	31
Figura 6	– Índice de pluviosidade período 2011 - 2015.	33
Figura 7	– Índice de pluviosidade - ano 2014.	34
Figura 8	– Processo de determinação da altura da queda.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Quesitos de Classificação para PCH em alguns países do mundo	21
Tabela 2	– Classificação das PCH's quanto a potência e queda do projeto.	23
Tabela 3	– Vazão recomendada nos períodos de seca e estiagem	37
Tabela 4	– Relação ângulo e coeficiente	41
Tabela 5	– Tipos de turbinas e seus respectivos números específicos de rotações	47
Tabela 6	– Relação Cabo x Distância x Potência	50
Tabela 7	– Tabela de custos.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CERPCH	Centro de Referência de Pequenas Centrais Hidrelétricas
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CV	Cavalo Vapor
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
MCH	Micro Central Hidrelétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE	Usina Hidroelétrica

LISTA DE SÍMBOLOS

KM	Quilômetro
KM^2	Quilometro ao Quadrado (Área)
W	Watt
kW	Quilowatt
MW	Megawatt
GW	Gigawatt
TW	Terawatt
m	Metro
mm	Milímetros
h	Altura
s	Segundos
L	Litro
L/s	litros por Segundos
m/s	Metros por segundo
Nº	Número
pág.	Página

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 A História da Produção de Energia Elétrica	17
2.2 Características das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)	20
2.3 Autoprodução de Energia Elétrica	21
2.4 Hidrologia	22
2.5 Classificação das PCHs	22
2.6 Componentes Básicos Das Pchs	24
2.6.1 Barragem	24
2.6.2 Tomada d'água	24
2.6.3 Sistema de Adução	24
2.6.4 Casa de Máquinas	25
2.6.5 Turbinas	25
2.6.5.1 Tipos de Turbinas	26
2.6.6 Geradores	27
2.7 Blocos de Apoio e Ancoragem	27
2.8 Outorga	28
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1 Estudo de caso	30
3.1.1 Contextualização	30
3.1.2 Planilha De Campo	30
3.1.2.1 Identificação do Local de Estudo	31
3.1.3 Arranjo Geral	32
3.1.3.1 Hidrologia da região	32
3.1.3.2 Estimativa da vazão do local	34
3.1.3.3 Estimativa da queda do sistema	35
3.1.3.4 Estimativa da vazão Ecológica	36
3.1.3.5 Estimativa do Potencial aproveitável	37
3.1.4 Sistema de Adução	38
3.1.5 Tubulação	38
3.1.5.1 Cálculo do Diâmetro da tubulação	38
3.1.5.2 Determinação da velocidade da água no interior da tubulação	38
3.1.5.3 Determinação do golpe de aríete	39
3.1.5.4 Verificação da necessidade da instalação da chaminé de equilíbrio	39
3.1.5.5 Determinação da espessura da tubulação	40

3.1.6 Perdas do Sistema	40
3.1.7 Blocos de apoio e ancoragem	43
3.1.7.1 Blocos de Apoio	43
3.1.7.2 Blocos de ancoragem	45
3.1.8 Cálculo da potência da Usina	46
3.1.9 Planejamento do uso da energia elétrica gerada	48
3.1.10 Casa de Máquinas	48
3.1.10.1 Fundações	49
3.1.10.2 Piso	49
3.1.10.3 Paredes	49
3.1.10.4 Cobertura	49
3.1.10.5 Canal de fuga	49
3.1.11 Escolha do sistema para Transmissão	49
3.1.12 Tabela de Custos	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Trabalhos Futuros	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICE A - Pedido de Autorização	58
APÊNDICE B - Pedido de Autorização	59
APÊNDICE C - Projeto Arquitetônico	60
APÊNDICE D - Projeto Fundação	62
ANEXO A - Folha de Registro de Pluviosidade	64

1 INTRODUÇÃO

A humanidade necessitou desenvolver, descobrir e aprimorar novas técnicas relacionadas a utilização das fontes produtoras de energia limpas e renováveis para diminuir a utilização das energias derivadas do petróleo (FREITAS, 2013).

Conforme o mundo se desenvolvia e o consumo de energia aumentava, a energia gerada por hidrelétricas assumia um lugar de destaque. No ano de 2014, aproximadamente 16,6% da produção global de eletricidade, estimada em 3900 TW/h, foi oriunda de Usinas Hidrelétricas (UHE), o que representou aproximadamente 73% da eletricidade gerada por fontes renováveis (TOLMASQUIM, 2016).

O Brasil, dentro do contexto mundial, apresenta muitas fontes de energia, o que o faz ter cerca de 74,6% de sua matriz elétrica composta de fontes renováveis, sendo que o destaque principal fica por conta da geração por meio da energia hidráulica, representando cerca de 65,2% da oferta interna (MME, 2015).

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o potencial de geração hidráulica no país consistiu em 30947,26 GWh de energia gerada, valor atualizado para o mês de setembro de 2016, enquanto que o consumo de energia elétrica alcançou a marca de 43269, 26 GWh para o mesmo período, sendo os valores obtidos a partir da geração de energia de todas as usinas despachadas centralizadamente pelo ONS, somada a de usinas programadas pelo mesmo.¹

Mas não somente no Brasil, mas em todo o mundo, a utilização de energias renováveis vem aumentando. Nos últimos anos a eletricidade gerada através de hidrelétricas representou cerca de 19% de toda a energia elétrica consumida no ano de 2005 em todo mundo (BONSOR, 2014).²

A hidroeletricidade é usada no Brasil devido a suas características hídricas naturais, o que justifica o investimento em hidrelétricas, uma vez que a geografia brasileira é composta predominantemente por montanhas e planaltos, o que contribui para a formação de rios com queda d'água (SOUZA, 2008).

Segundo Portal Brasileiro (2016), no Brasil água e energia têm uma interdependência histórica. A contribuição da energia hidráulica no desenvolvimento do país tem sido expressiva, seja no atendimento das diversas demandas da economia ou da própria sociedade. A hidroeletricidade faz parte da economia do país.

¹ ONS. **Histórico da Operação**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/historico/cargapropriadeenergia.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2016.

² Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/usinas-hidreletricas.htm>>. Acesso em: 23 set. 2016

No ano de 2010, havia aproximadamente 2.218 empreendimentos em operação envolvendo geração de energia elétrica no país, possuindo capacidade total instalada de 107.802.435 kW, tornando-o o quinto maior país produtor de energia hidrelétrica. Ainda nos próximos anos a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) afirma que o Brasil deve ganhar cerca de 587 usinas, que estão em processo de construção ou de outorga, adicionando ao potencial do país mais 37.071.436 kW (MENDONÇA, 2011).

“ A energia elétrica gerada através da hidroeletricidade é uma das melhores, mais baratas e limpas fontes de energia, sendo que essa energia é uma das mais confiáveis ” (PINTO, 2013, p. 25).

Mas a hidroeletricidade não precisa ser gerada somente através das grandes usinas, nos últimos anos o conceito de pequenas centrais hidrelétricas (PCH), mini e microusinas vem crescendo fortemente. Esse tipo de usina oferece menos impactos ao meio ambiente, considerando seu modo de construção e operação.³

O potencial de geração de Minas Gerais e do restante do Brasil não é aproveitado somente por grandes produtores, mas também por pequenos produtores que possuem em sua propriedade pequenos rios e neles instalam microusinas e utilizam a energia gerada para suprimento próprio. A geração de energia elétrica através das microcentrais hidrelétricas (MCHs) apresenta uma solução favorável para o suprimento da demanda energética do setor rural (ALMEIDA, 2007).

Segundo o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, aproximadamente 2.165.058 domicílios localizados na região rural não possuíam energia elétrica (IBGE, 2010).

Neste ponto, as MCHs são uma alternativa para a geração de energia elétrica nas regiões rurais ou em regiões isoladas. O aproveitamento de pequenos potenciais hidráulicos se torna cada vez mais uma alternativa viável em relação as grandes usinas (ALMEIDA, 2007).

Apesar disso, as MCHs são potencialmente importantes para a geração de energia elétrica, especialmente para sistemas isolados e “ na perspectiva de universalização do acesso à energia no país ou para o atendimento de unidades agrícolas e industriais (...). Estima-se que haja mais de mil mini e microcentrais com potências médias da ordem de 300 KW ” (VIANA, 2005, p. 4).

O tema em estudo implica no dimensionamento técnico de um microsistema particular de geração de energia elétrica, localizado na zona rural da cidade de Dom Cavati – MG, onde o mesmo é utilizado para iluminação parcial da propriedade e na alimentação de uma pequena bomba de sucção alternadamente. A análise teve como objetivo o dimensionamento do sistema de geração utilizando materiais e equipamentos comerciais; estudar as características físicas da região; estudar o dimensionamento de equipamentos para geração e distribuição da energia gerada; apresentar tipos de turbinas hidráulicas para geração de energia elétrica e fazer a seleção para este caso dentre outros assuntos relacionados à geração de energia elétrica. A referida

³ No Brasil, as PCH foram, no início, definidas pela portaria DNAEE nº109, de 24 de novembro de 1982.

temática estudada foi conduzida considerando normas vigentes e pesquisas bibliográficas sobre o assunto.

Portanto, a análise de dimensionamento do sistema de geração se justifica como uma alternativa para geração de energia elétrica para atender as necessidades básicas da propriedade, com um custo competitivo em relação à rede elétrica da distribuidora local. O ganho pessoal está relacionado com a aplicação de conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia elétrica e outros adquiridos em pesquisas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A HISTÓRIA DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Em todo mundo a água está em movimento, após as chuvas, nas áreas continentais ela se movimenta regida pela força gravitacional do planeta e desse movimento surgem pequenos córregos e riachos, que por sua vez, tendem a se encontrar e desse encontro formam-se os rios¹. Esses estão entre as mais poderosas forças dispostas na natureza, podendo cortar montanhas e esculpir a terra. A força da água em movimento (energia cinética) pode gerar vários cavalos vapor (CV). Ao longo do tempo, a humanidade desenvolveu formas de utilizar essa força, construindo represas para reter e gerar a denominada energia hidráulica (STANO JÚNIOR; TIAGO FILHO, 2007).

“ Desde a antiguidade a energia hidráulica tem sido usada para gerar energia mecânica – nas instalações de moagem de grãos, por exemplo – no século XX passou a ser aplicada, quase integralmente, como matéria-prima da eletricidade. ” (ANEEL, 2007b, p. 52)

Conforme o processo de utilização da energia hidráulica crescia no mundo, as máquinas utilizadas no processo de aproveitamento se desenvolviam cada vez mais, seus valores de rendimento cresciam e as tornava cada vez mais eficientes (STANO JÚNIOR; TIAGO FILHO, 2007).

Um das formas de aproveitamento da potência dos rios que mais se desenvolveu foram as usinas hidrelétricas, aproveitando as características geográficas de relevo existentes em vários rios. STANO JÚNIOR; TIAGO FILHO (2007) definem:

As centrais hidrelétricas aproveitam um desnível existente em um curso d'água, criam ou aumentam este desnível através da construção de barragens. A água é captada no ponto mais alto e flui por tubulações que a faz passar por turbinas hidráulicas que realizam a conversão da energia hidráulica em energia mecânica. A energia mecânica assim obtida (rotação de um eixo), e então convertida pelos geradores em energia elétrica, que é então utilizada para alimentação de indústrias, comércios, residências e áreas rurais (STANO JÚNIOR; TIAGO FILHO, 2007, p. 29).●

Conforme afirma Pinto (2013, p. 24) “ O mais antigo projeto de usina hidrelétrica data de 1878, em Craggside (Inglaterra) (...). A primeira usina hidrelétrica do mundo foi construída junto as quedas das cataratas do Niágara, nos Estados Unidos da América em 1879.”

Com o tempo, a utilização da hidroeletricidade se disseminou rapidamente nos Estados Unidos e em vários países europeus, explorando rapidamente o potencial hidrelétrico existente.

¹ Curso de água natural, que deságua em outro rio, no mar ou em um lago. Os rios são considerados o mais efetivo agente modificador da paisagem, dada a sua capacidade de erosão, transporte e deposição.

De início, a hidroeletricidade era utilizada em serviços públicos de iluminação e força motriz em algumas atividades da economia (TOLMASQUIM, 2016).

No mundo, houve grande crescimento da utilização da hidroeletricidade, a China se destacou por ser o país que mais investe em energia hidrelétrica e também a que tem os maiores potenciais de energia hidráulica tecnicamente aproveitável no mundo. A figura 1 mostra os principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo (ANEEL, 2008a).

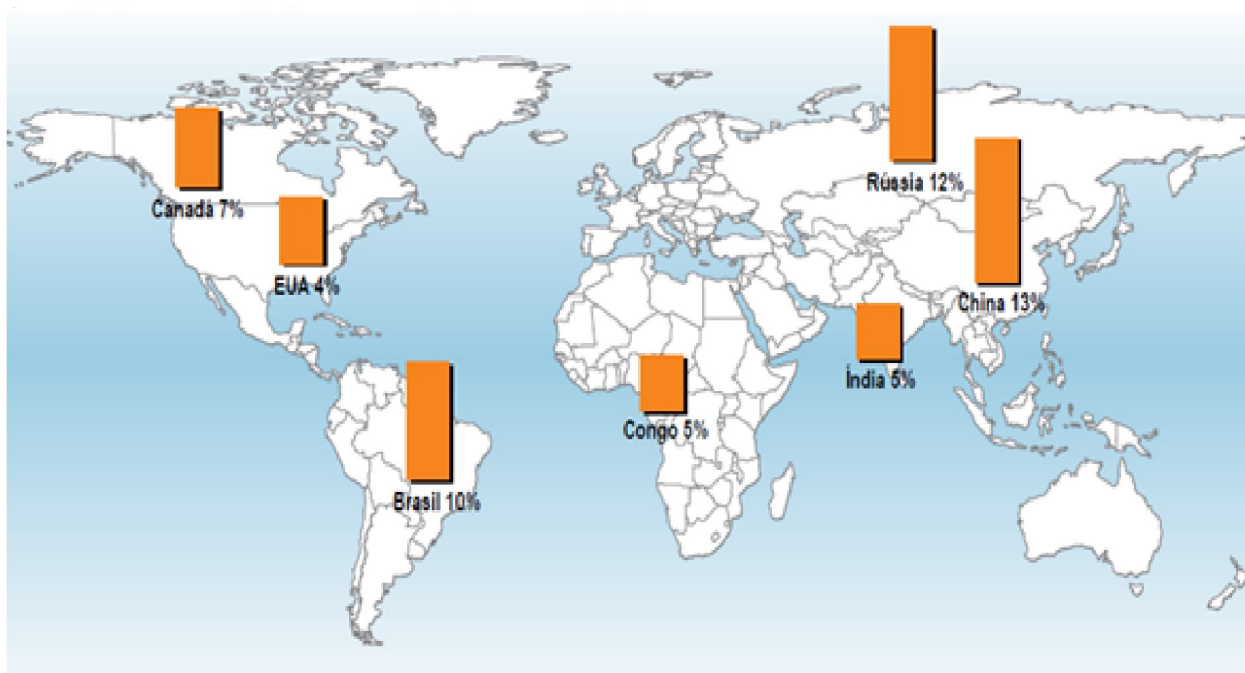


Figura 1: Principais potenciais hidrelétricos tecnicamente aproveitáveis no mundo.

Fonte: ANEEL, 2008a, p. 56

No Brasil, no fim do século XIX, a economia basicamente se resumia na atividade agrária e a eletricidade não tinha participação expressiva como fonte de energia. Conforme o país se industrializava e a população começava a se concentrar em centros urbanos, a utilização da eletricidade teve um grande impulso. Devido a esse impulso, a partir de 1920, ocorreu um grande aumento das usinas hidrelétricas construídas no país (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

A primeira usina hidrelétrica construída no país data do período de reinado de Dom Pedro II, localizada no município de Diamantina, Minas Gerais, nas águas do Ribeirão do Inferno, tinha capacidade de geração na ordem de 0,5 MW (MegaWatt) de potência (ANEEL, 2008b).

Conforme se verificava a eficácia da geração por hidroeletricidade, necessitava-se de um estudo sobre o potencial disponível para geração no país. O primeiro estudo data da década de 60, o chamado estudo da Canambra (sigla para o consórcio de consultores canadenses, norte-americanos e brasileiros) desenvolvido para ampla investigação do potencial hidrelétrico na região centro-sul brasileira. Devido a grande eficácia, o estudo foi ampliado para abranger a região sul (MME, 2007).

Conforme o desenvolvimento do Brasil, seu potencial de geração foi sendo cada vez mais explorado. A figura 2 mostra a evolução do parque hidrelétrico brasileiro desde 1950 até o ano de 2015.

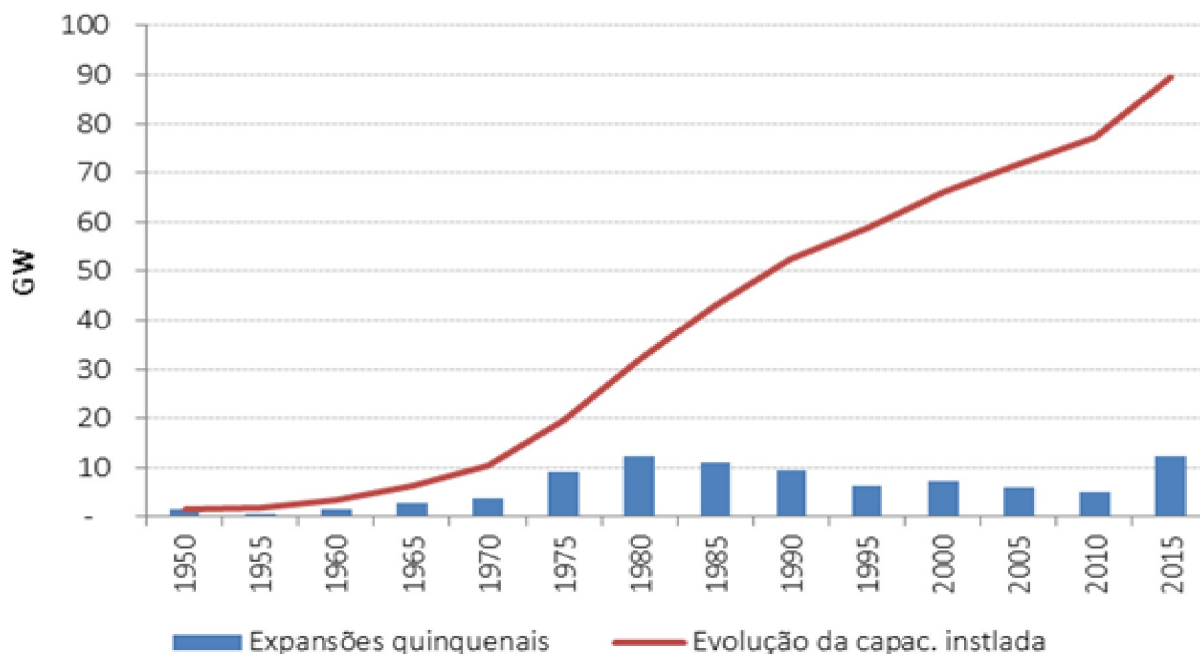


Figura 2: Evolução do parque hidrelétrico brasileiro

Fonte: TOLMASQUIM, 2016, p. 45

Mas o aproveitamento através das grandes hidrelétricas gerava controvérsias em relação a questões ambientais devido aos grandes impactos gerados na natureza, como o caso da usina hidrelétrica de Balbina, no rio Uatumã, localizada na cidade de Figueiredo, a 117 km de Manaus, capital do estado do Amazonas, concluída em 1989. Com custo no valor de 1 bilhão de dólares, sua barragem inundou uma área aproximada de 2360 km^2 , área quatro vezes maior que a da usina de Itaipu e obtendo apenas 10% de geração se comparada a mesma (PINTO, 2013).

“ Na verdade, herança da ditadura militar, Balbina pode ser considerada a maior vergonha da engenharia brasileira e a pior hidrelétrica do mundo ”(PINTO, 2013, p. 47). Segundo Borges Neto e Carvalho (2012, p. 48) “ A obra é considerada um desastre do ponto de vista técnico, financeiro, social e ecológico ”.

Nesse contexto, surgiu o conceito de pequenas centrais hidrelétricas, estas por sua vez não causam tantos impactos ambientais como as grandes usinas hidrelétricas, além de obterem um custo de geração de energia elétrica menor do que em relação às UHE.

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCH)

No final do século XIX, ocorreu a instalação das primeiras PCH's no Brasil, aproximadamente no ano de 1883. No século XX, elas começaram a ser instaladas visando principalmente atender as regiões isoladas dentro dos estados, financiadas pela iniciativa privada e pelas prefeituras locais (LEONELLI, 2002).

As instalações das PCH's são em pequenos e médios rios e geralmente são usinas a fio d'água (não permitem um escoamento regular de água), onde não ocorre a formação de reservatórios d'água na maioria das vezes (MOURA, 2008).

Com a criação da ANEEL em 1996, disponibilizou-se a resolução 394, de 04 de dezembro de 1998, onde estabelece que as instalações consideradas PCH's são aquelas que tem potência entre 1 e 30 MW e possuem uma área inundada de até $3km^2$. Outra lei relacionada é a 9.648, de 27 de maio de 1998, onde se autoriza a dispensa de licitações para execução de projetos de até 30 MW de potência instalada, sendo autoprodutor e produtor independente. A outorga para funcionamento será disposta, considerando o limite de potência de 30 MW e a característica de PCH do projeto (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

Dias (2012) apresenta um pequeno resumo, conforme figura 3, das alterações que ocorreram ao longo da história sobre o enquadramento de um projeto como PCH. Ressaltando que, em 2010 foi proposto um projeto de lei que alterava a potência máxima das PCH's, porém não foi aprovado.²

1982	1987	1998	2003	2010
DNAEE	DNAEE	ANEEL	ANEEL	ANEEL
Port 109	Port 136	Reso 394	Reso 652	Reso 412
P 1-10MW	P 1-10MW	P 1 – 30MW,	P 1 – 30MW,	P 1 – 50MW,
Alt até 10m	Até 5MW	Reservatório	Reservatório	Não PCH
Sem túneis	Por gerador	$3km^2$	$3km^2$ ou	Regime de
Tom. d'água			$13km^2$ sob	autorização
Até $20m^3/s$			condição	

Figura 3: Resumo das alterações que ocorreram ao longo da história sobre o enquadramento de um projeto como PCH.

Fonte: DIAS, 2012, p. 9

Segundo ANEEL (2003) a vantagem das PCH's está no fato de se localizarem perto dos centros consumidores, ou seja, não dependerem da instalação de longas linhas de transmissão sofisticadas para levarem a energia gerada até os pontos de consumo. A energia produzida pelas

² A Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados aprovou o Projeto de Lei 4404/08, do Senado, que altera o desconto oferecido atualmente nas tarifas de transmissão e distribuição de energia de PCHs, contudo a alteração 30 MW para 50 MW não foi aprovada.

PCH's incrementa o Sistema Interligado Nacional (SIN) injetando uma quantidade considerável de energia. A tabela 1 abaixo mostra os quesitos para PCH em alguns países do mundo:

Tabela 1: Quesitos de Classificação para PCH em alguns países do mundo

País	Classificação da PCH de acordo com a Capacidade de Geração (MW)
Brasil	≤ 30
Canadá	≤ 50
China	≤ 50
União Européia	≤ 20
Índia	≤ 25
Noruega	≤ 10
Suécia	≤ 1.5
Estados Unidos	5 - 100

Fonte: PINTO, 2013, p. 30

2.3 AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo o Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas (ANEEL, 2003)³:

As Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH representam, atualmente, uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, visando suprir a crescente demanda verificada no mercado nacional. Esse tipo de empreendimento possibilita um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, uma vez que, na maioria dos casos, complementa o fornecimento realizado pelo sistema interligado (ANEEL, 2003, p. 25).

Para que a eletricidade chegasse a essas regiões através de fontes renováveis, alguns incentivos foram desenvolvidos. Dentre esses pode-se citar o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) criado em 1994, através de um decreto presidencial, sendo uma iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) em parceria com os governos estaduais e municipais. O PRODEEM permitia a utilização de qualquer fonte alternativa de energia elétrica, uma delas era a hidroeletricidade (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

A energia elétrica no meio rural proporciona desenvolvimento e uma melhora na qualidade de vida. Neste sentido, o uso da autogeração em regiões rurais vem aumentando de forma gradativa, relacionando-se a utilização da tecnologia no meio rural ou as altas taxas cobradas pelas concessionárias pelo uso da energia elétrica (LEÃO, 2012).

As microscentrais hidrelétricas, subdivisão das PCH's, são uma das possibilidades de levar energia elétrica a regiões isoladas ou carentes que ainda não dispõem de redes elétricas ou mesmo uma alternativa de geração de eletricidade para substituir, em parte ou total, o consumo

³ Disponível em <<http://www.portalpch.com.br/images/pdf/Guia%20do%20Empreendedor003Capitulo03.pdf>>. Acesso em 27 ago. 2016

de eletricidade em relação à concessionária local. Por se tratar de um projeto em escala menor sua implantação se torna mais acessível, além de poder utilizar um volume de água menor em sua operação. Projetos de pequeno porte dispensam o estudo de carga elétrica do consumidor e de regularização de cargas, além de dispensarem estudos detalhados sobre a área do reservatório se houver (GUITARRA, 2012).

2.4 HIDROLOGIA

Um conhecimento relacionado à hidrologia é essencial para que haja um aproveitamento maior dos recursos hídricos a serem utilizados e um aumento no conhecimento relacionado ao ciclo hidrológico da região. Este campo do conhecimento investiga a velocidade na qual a água passa pelas diversas fases do seu ciclo e suas variações no espaço e no tempo (REIS, 2011).

Utilizando-se os dados obtidos através do estudo hidrológico, pode-se traçar o perfil hídrico da região objetivando conhecer as variações na qual seu ciclo hídrico está submetido. Nesse estudo devem ser coletados dados disponíveis em órgãos oficiais que permitam a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica, meteorológica e geomorfológica da região de interesse do projeto (DER, 2012).

2.5 CLASSIFICAÇÃO DAS PCHS

a) Quanto ao reservatório:

Fio d'água: Esse tipo de projeto é utilizado quando a vazão mínima do rio é igual ou maior que a descarga necessária para atender a potência a ser instalada para suprir a demanda máxima prevista. Neste caso, o volume do reservatório poderá ser desprezado, porém o sistema de adução deverá ser projetado para conduzir o volume d'água necessário para atender a demanda máxima projetada (DNAEE, 1985b).

O manual da Eletrobrás (2000) Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas apresenta algumas características para esse tipo de PCH, podendo-se citar:

- Dispensa de estudos de regularização de vazões.
- Dispensa de estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor.
- Facilitação dos estudos e a concepção da tomada d'água.

De acumulação: Borges Neto e Carvalho (2012) define por dois tipos:

- Regularização diária do reservatório: É utilizado quando as vazões do período de estiagem estão em níveis abaixo do necessário para fornecer a potência para atender a demanda máxima do consumidor e pode ocorrer risco acima do adotado em seu projeto. O reservatório poderá fornecer o adicional necessário para a vazão regularizada.
- Regularização mensal do reservatório: Utilizado considerando os dados de vazões médias mensais, analisando as vazões do período de estiagem médias mensais.

b) Quanto ao sistema de Adução:

A utilização e escolha do tipo de sistema de adução dependerão das características geológicas e topográficas da região, além do estudo econômico de comparação:

- Com escoamento livre em canal, adução.
- Adução em baixa pressão com escoamento livre em canal/ alta pressão em conduto forçado.
- Adução em baixa pressão por meio de tubulação em conduto forçado/ alta pressão em conduto forçado.

c) Quanto a potência instalada e quanto a queda do projeto:

Os dois parâmetros estão relacionados conjuntamente devido que se um ou outro for considerado isoladamente, não se conseguiria uma classificação adequada. Considerando PCH's de altas e médias quedas, a casa de força seria normalmente afastada da barragem. A tabela 2 apresenta a classificação das PCH's considerando a potência e queda do projeto (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

Tabela 2: Classificação das PCH's quanto a potência e queda do projeto.

Classificação das Centrais	Potência (KW)	Queda do Projeto - Hd (m)		
		Baixa	Média	Alta
Micro	$P < 100$	$Hd < 15$	$15 < Hd < 50$	$Hd > 50$
Mini	$100 < P < 1.000$	$Hd < 20$	$20 < Hd < 100$	$Hd > 100$
Pequenas	$P < 30.000$	$Hd < 25$	$25 < Hd < 130$	$Hd > 130$

Fonte: BORGES NETO; CARVALHO, 2012, p. 51

2.6 COMPONENTES BÁSICOS DAS PCHS

2.6.1 Barragem

Um dos principais componentes, sendo sua função principal a manutenção do nível do rio através da utilização de um vertedouro. Sua utilização é necessária em rios que sofrem constantes variações em seu nível (GUITARRA, 2012).

Conforme Pinto (2013, p. 32) “ A barragem, também chamada de represa, é uma barreira (de concreto ou pedra) com finalidade de armazenar a água dentro do reservatório. Seu tipo e arranjo dependerão da topografia do local de instalação ”.

Segundo Reis (2011) as barragens têm como principais finalidades:

- Represar a água para captação e desvio.
- Elevar o nível d’água para aproveitamento elétrico e navegação.
- Represar a água para regularização de vazões e amortecimento de ondas de enchentes.

2.6.2 Tomada d’água

Reis (2011, p. 86) afirma que “ A tomada d’água tem por principal função permitir a retirada de água do reservatório e proteger a entrada do conduto de danos e obstruções provenientes de congelamento, tranqueira, ondas e correntes ”.

Seus principais componentes são (BORGES NETO; CARVALHO, 2012):

- Grades de proteção: Protegem a turbina de danos causados por materiais carregados pelo rio.
- Comporta: Tem a finalidade de abrir ou fechar a entrada de água nos condutos.
- Tubo de aeração: Equivale a um tubo ou galeria vertical, em sua parte superior aberto para entrada de ar na tubulação, caso ocorra fechamento rápido das comportas. Utilizado nas tomadas d’água em pressão a jusante das comportas.

2.6.3 Sistema de Adução

Passagem por onde a água é conduzida da barragem até as turbinas, podem ser (BORGES NETO; CARVALHO, 2012):

- Condutos de baixa pressão: Utilizados em baixas declividades e baixas velocidades de escoamento.

- **Conduitos forçados:** Esse tipo de conduto pode ser utilizado tanto em galeria como a céu aberto. São conduitos fechados cujo escoamento se dá a pressões crescentes de montante para jusante.

Conforme Reis (2011, p. 86) “ Um problema associado aos conduitos é a perda de carga, que pode ser refletida com uma diminuição na queda útil de água ”.

A passagem de um conduto de baixa pressão para um forçado é conduzido por alguns elementos, dentre eles (BORGES NETO; CARVALHO, 2012):

- **Câmaras de carga:** São utilizadas no momento em que o escoamento do conduto forçado é feito através de canais ou galerias de superfície livre. No momento de uma abertura brusca do escoamento de água para a turbina, devem ter um volume de água suficiente para atender mais rapidamente sua demanda do que se comparada via canal.
- **Chaminés de equilíbrio:** Utilizadas em conduitos fechados em pressão, são posicionadas o mais próximo da casa de máquinas, com o objetivo de fazer com que os conduitos forçados sejam os menores possíveis.

2.6.4 Casa de Máquinas

Local onde se encontra os geradores, reguladores, painéis, turbinas, entre outros. Suas configurações de equipamentos podem variar conforme as características do projeto (REIS, 2011).

2.6.5 Turbinas

Segundo Reis (2011, p. 89) “ A escolha e o projeto de uma turbina são pontos muito importantes do desenvolvimento de uma central hidrelétrica. Análise e estudo de fenômenos relativamente complexos ”.

As turbinas podem ser consideradas uma roda d’água moderna, idealizada para um uso mais eficiente. São responsáveis por converter a energia da queda d’água em energia mecânica que será utilizada no gerador para geração de energia elétrica. Basicamente podem ser compostas por cinco partes (SOARES JÚNIOR, 2013):

- **Caixa espiral:** Caracteriza-se por um tubo de formato semelhante a um toroide que envolve o rotor, tendo a função de distribuir a água diretamente na turbina.
- **Pré-distribuidor:** Estrutura composta por dois anéis tendo a função de conduzir o escoamento de água até a entrada do distribuidor.

- Distribuidor: Composto por uma série de 18 a 24 palhetas que se movem simultaneamente têm o objetivo de controlar a potência da turbina, sendo sua operação podendo ser automática ou manual.
- Rotor ou eixo: Estrutura na qual a energia hídrica é convertida em potência. É a parte principal das turbinas;
- Tubo de sucção: dispositivo responsável pela saída da água, geralmente o diâmetro do conduto de saída é maior que o de entrada.

2.6.5.1 Tipos de Turbinas

- Turbina Francis: Seu nome recebe o nome do engenheiro inglês que a desenvolveu no ano de 1847, James Bicheno Francis. São caracterizadas por possuir um escoamento de água na sua parte interna perpendicular ao eixo da máquina. O escoamento de água na entrada da turbina é conduzido através de um tubo em espiral, juntamente a um conjunto de palhetas estáticas, que forçam o escoamento a ser radial ao eixo. São geralmente empregadas em quedas d'água de 40 a 400 metros, podendo também operar na faixa de 10 a 650 metros (PINTO, 2013).
- Turbina Pelton: Surgiram no ano de 1880 desenvolvidas pelo engenheiro norte americano Lester Allen Pelton. São turbinas de jato que possuem um distribuidor com forma apropriada para direcionar a água resultando em um jato cilíndrico sobre a pá do receptor. Esse jato é obtido devido a uma agulha denominada agulha de regularização. Podem ser de um a seis jatos, o aumento no número de jatos é decorrência da obtenção de altas potências. São empregadas em quedas d'água na faixa de 250 a 2.500 metros. Pode ser considerada uma das mais eficientes turbinas hidráulicas (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).
- Turbinas Kaplan: Foram desenvolvidas pelo engenheiro Victor Kaplan, no ano de 1912. Assemelham-se à turbina Francis, a diferença está no rotor que possui um núcleo com poucas pás em forma de hélice. Possuem características de uma hélice marinha, são projetadas para quedas d'água pequenas entre 20 a 50 metros, sua potência está na faixa entre 30 e 250 MW. Considerada a evolução das turbinas Francis, permitem uma produção de energia mais eficiente (SOARES JUNIOR, 2013).
- Turbinas hélice: Surgiram a partir da necessidade da construção de turbinas que trabalhassem em quedas de baixa altura, mas que conseguissem grandes velocidades com grandes fluxos. A característica de seu distribuidor manteve o mesmo aspecto do das Francis, porém a distância entre as pás do rotor e do distribuidor são bem maiores que a da Francis. São do tipo axial, de reação e de ação total (EVANDRO, 2012).
- Turbinas bulbo: Sua característica é uma espécie de bulbo que é colocado no interior do tubo adutor d'água. Em seu interior o bulbo é uma câmara blindada podendo existir em

seu interior um sistema de transmissão de engrenagens que são usados para transmitir o movimento do eixo da hélice ao gerador. Outra perspectiva é o gerador acoplado diretamente do sistema de transmissão (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

Borges Neto e Carvalho (2012, p. 46) ainda afirma que “ Uma turbina é projetada para atender a valores prefixados de descarga, da queda disponível e do número de rotações por minuto. Com esses valores deve-se obter o rendimento total. ”

2.6.6 Geradores

São equipamentos que transformam a energia mecânica proveniente do rotor em energia elétrica. Na maior parte das usinas hidrelétricas se usa os geradores síncronos, porém os geradores de indução (conhecidos como assíncronos) também são utilizados em algumas centrais de pequeno porte (REIS,2011).

- Geradores síncronos: Possuem a característica de terem a velocidade de rotação em estável em função da frequência aplicada, além de possuir um fator de potência regulável (ESTG-IPL, 2000/2001)⁴.
- Geradores assíncronos: Comparados ao gerador síncrono possuem a desvantagem de absorverem energia reativa da rede. Esse ponto faz com que sejam associados a ele, bancos de compensadores para compensar a falta de potência. Possui uma velocidade de rotação superior a velocidade síncrona, o que faz ocorrer escorregamento do rotor em relação ao campo magnético girante (SAMPAIO, 2015).

2.7 BLOCOS DE APOIO E ANCORAGEM

Conforme (DNAEE, 1985b) as tubulações que conduzem a água desde a tomada d'água até as turbinas devem estar apoiadas para redução de carga em sua estrutura, podendo este apoio ser feito através de blocos de apoio e de ancoragem. O primeiro da sustentação a tubulação, o que a permite deslizar livremente sobre eles. São construídos com espaçamento iguais entre si. O segundo é responsável por absorver as forças desenvolvidas longitudinalmente na tubulação. São construídos, geralmente em pontos onde há mudança de direção ou em trechos retos longos.

⁴ Disponível em <http://www.cpdee.ufmg.br/~gbarbosa/Disciplina%20de%20M%E1quinas%20E1%E9tricas/Disciplina%20de%20M%C3%A1quinas%20E1%C3%A9tricas/maquinas-sincronas.pdf> >. Acesso em 26 ago. 2016.

A figura 4 abaixo exemplifica o emprego dos blocos de apoio e ancoragem:

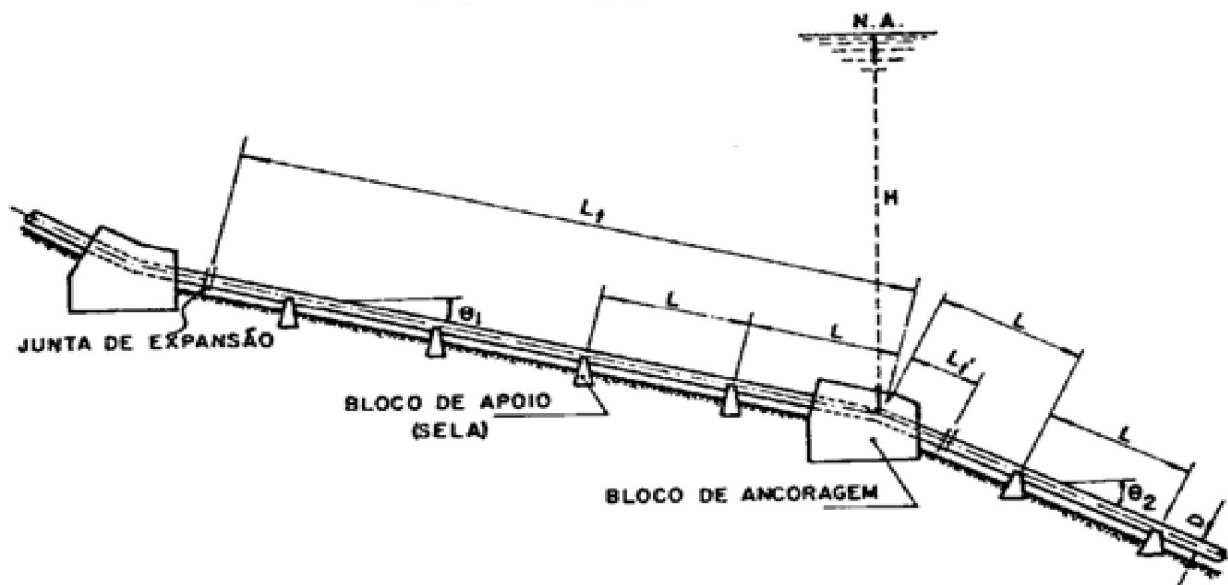


Figura 4: Empregos dos blocos de apoio e ancoragem

Fonte: DNAAE, 1985b, p. 241

2.8 OUTORGA

Instrumento legal que concede ao usuário o direito de utilização do recurso hídrico solicitado mediante a análise do pedido, porém a autorização não concede ao seu portador a propriedade de água, mas o direito de seu uso⁵.

O uso e a disponibilidade das águas é uma abordagem que é feita pela Agência Nacional de Águas (ANA). A agência estabelece que os projetos hidrelétricos que utilizam quantidades importantes de recursos hídricos estão sujeitos a serem outorgados e sofrerem fiscalização, pois esses aproveitamentos podem gerar impactos significativos na disponibilidade de água. A outorga é responsável pelo direito de uso de recursos hídricos e tem como seu objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo do uso da água e a garantia dos direitos a seu acesso. Ela é um dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos e regida pela lei Nº 9.433/1997. A cobrança pelo uso da água se justifica por ser uma ferramenta para conscientização do uso eficiente deste recurso (ANA, 2016).

Segundo Reis (2011, p. 68) “ Dos princípios básicos que se aplicam à outorga podem-se destacar: o controle pelo setor público, a gestão participativa e descentralizada, a gestão por bacia hidrográfica ”.

⁵ Disponível em <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/outorga>>. Acesso em 26 ago. 2016.

Segundo a lei Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, onde instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) estabelece ⁶:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

Conforme está disposto na Lei Federal nº 9.433/1997, dependem de outorga:

I - A derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

III - Uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

IV - Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água

A administração de recursos hídricos é uma das maiores questões da administração pública do Brasil, observando que não existe um planejamento que integre a oferta e a utilização do recurso em um sistema de gerenciamento integrado que observe a oferta de o uso da água e suas várias possibilidades de uso. A outorga se torna necessário para a utilização das águas do rio para geração de energia elétrica (REIS, 2011).

⁶ BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/civil03/Leis/L9433.htm>>. Acesso em 26 set. 2016.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 ESTUDO DE CASO

3.1.1 Contextualização

A necessidade de dimensionamento de uma microcentral hidrelétrica surgiu durante uma visita a propriedade do senhor Adilson Modesto Lima, localizada na região rural da cidade de Dom Cavati- MG, onde o proprietário utilizava um sistema artesanal de geração de energia elétrica para suprimento de algumas cargas de iluminação em sua propriedade. O presente trabalho só foi possível mediante a autorização prévia do Senhor Adilson, conforme verificada no apêndice A.

Para a implantação do projeto será necessário o licenciamento ambiental (outorga) junto ao órgão competente para funcionamento legalizado do sistema de geração. Aprovada a licença, o projeto poderá seguir em andamento. Caso o proprietário necessite de orientação na realização dos procedimentos referentes ao pedido de licença, a ANA disponibiliza o manual Diretrizes para Estudo Prognóstico de Qualidade da Água em Novos Reservatórios (DRDH), que podem ser obtidos em seu site.

Desta forma, o presente trabalho analisa o dimensionamento de uma micro central hidrelétrica para melhor suprimento de energia elétrica em alguns pontos da propriedade, resultando em uma diminuição da utilização da energia da distribuidora local. O proprietário demonstrou interesse pelo estudo e dependendo dos custos avaliados no projeto poderá implantar a nova microusina de geração.

O trabalho levará em consideração o local de implantação do sistema de geração, juntamente com a avaliação das características da região para implantação do sistema.

3.1.2 Planilha De Campo

O manual de microcentrais hidrelétricas DNAEE (1985a) aponta a necessidade da planilha de campo, visando o levantamento dos principais dados a serem coletados no local e conseqüentemente diminuindo as visitas a campo.

3.1.2.1 Identificação do Local de Estudo

O local estudado se encontra na região rural do município de Dom Cavati, localizado no interior do estado de Minas Gerais, Região Sudeste do país. Pertence à Mesorregião do Vale do Rio Doce, à Microrregião de Caratinga e ao colar metropolitano do Vale do Aço e localiza-se a leste da capital do estado. Após visita ao local de estudo, foram colhidos os seguintes dados de localização e identificação:

Denominação: Sítio Modesto

Proprietário: Adilson Modesto Lima

Finalidade: Uso exclusivo

Nome do rio ou córrego: Morro Agudo

Localização: Zona Rural

Tipo de acesso ao Local: Estrada de terra, 2 km da cidade

Cidade: Dom Cavati

Estado: Minas Gerais

E-mail: nenhum

Coordenadas geográficas:

Latitude: -19.39754916

Longitude: -42.10448697

Elevação: 360 m

A figura 5 mostra onde irá ser localizar a instalação da pequena central geradora¹:



Figura 5: Localização da unidade geradora.

¹ Disponível em: <<http://www.mapcoordinates.net/pt>>. Acesso em 5 out. 2016.

3.1.3 Arranjo Geral

Os primeiros arranjos de uma microcentral devem conter a combinação da captação, adução, casa de máquinas e canal de fuga, esse esquema irá compor o arranjo básico do projeto (DNAEE, 1985b).

A área analisada para o projeto em questão, dispõe de um pequeno rio, de baixa vazão, contendo um acentuado desnível de terreno. A vazão e o desnível do local iram se analisados para verificação da viabilidade da construção de uma pequena central a fio d'água.

3.1.3.1 Hidrologia da região

Para o projeto em questão, analisaram-se os dados pluviométricos coletados na região onde se localiza seu local de instalação. A coleta de dados foi possível devido a uma estação pluviométrica mantida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), o código de identificação da estação junto a agência nacional de águas é: 56935000. A coleta de dados da estação objetivou traçar uma média pluviométrica da região, verificando os períodos de estiagem e os chuvosos. A utilização dos dados foi possível mediante a autorização prévia do responsável pela estação, senhor Mizael da Cruz, verificada no apêndice B. O anexo A traz a forma de coleta dos dados da estação durante o período de um mês.

Para análise no projeto, coletaram-se os dados no intervalo de 5 anos (2011 a 2015), logo após, montou-se um gráfico para se verificar a variação do índice de pluviosidade durante esse intervalo de tempo e a figura 6 traz os resultados:

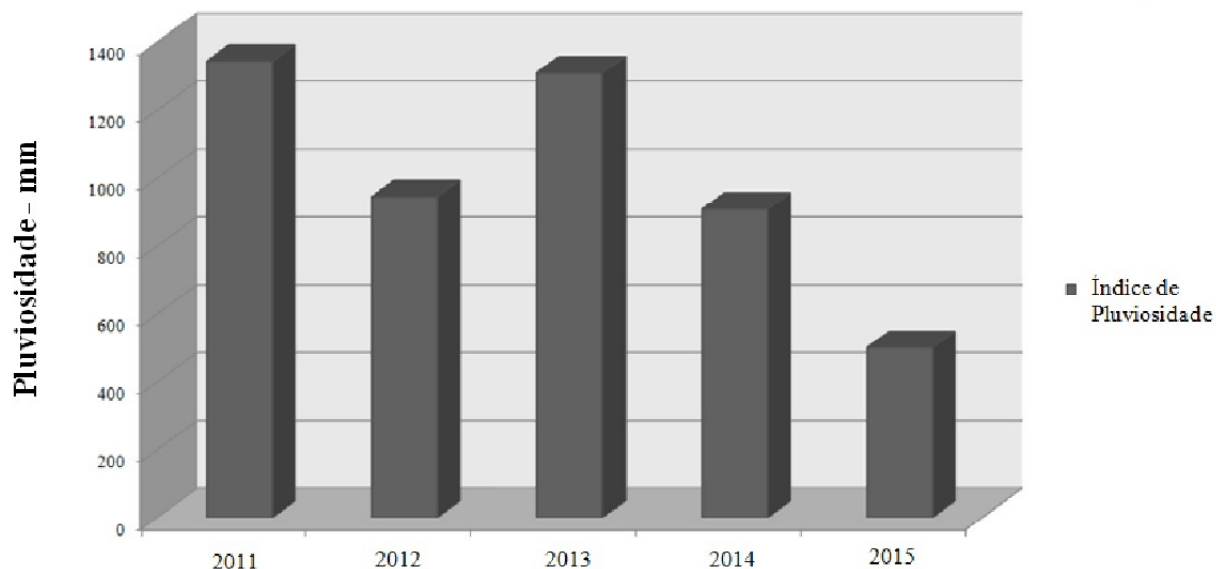


Figura 6: Índice de pluviosidade período 2011 - 2015.

Fonte: Autor, 2016

O gráfico acima mostra que houve declínio no índice de pluviosidade da região, considerando o período de 2011 até 2015, este por sua vez, pode ter afetado a vazão média do rio, porém conforme afirmou o senhor Adilson, dono da propriedade, o mesmo alegou que não houve alteração significativa na vazão média no período em que o mesmo utiliza a água. Esse período de utilização coincide com o período chuvoso.

Analisando-se o índice de pluviosidade de um único ano, pode-se obter a distribuição das chuvas dentro de seus 12 meses:

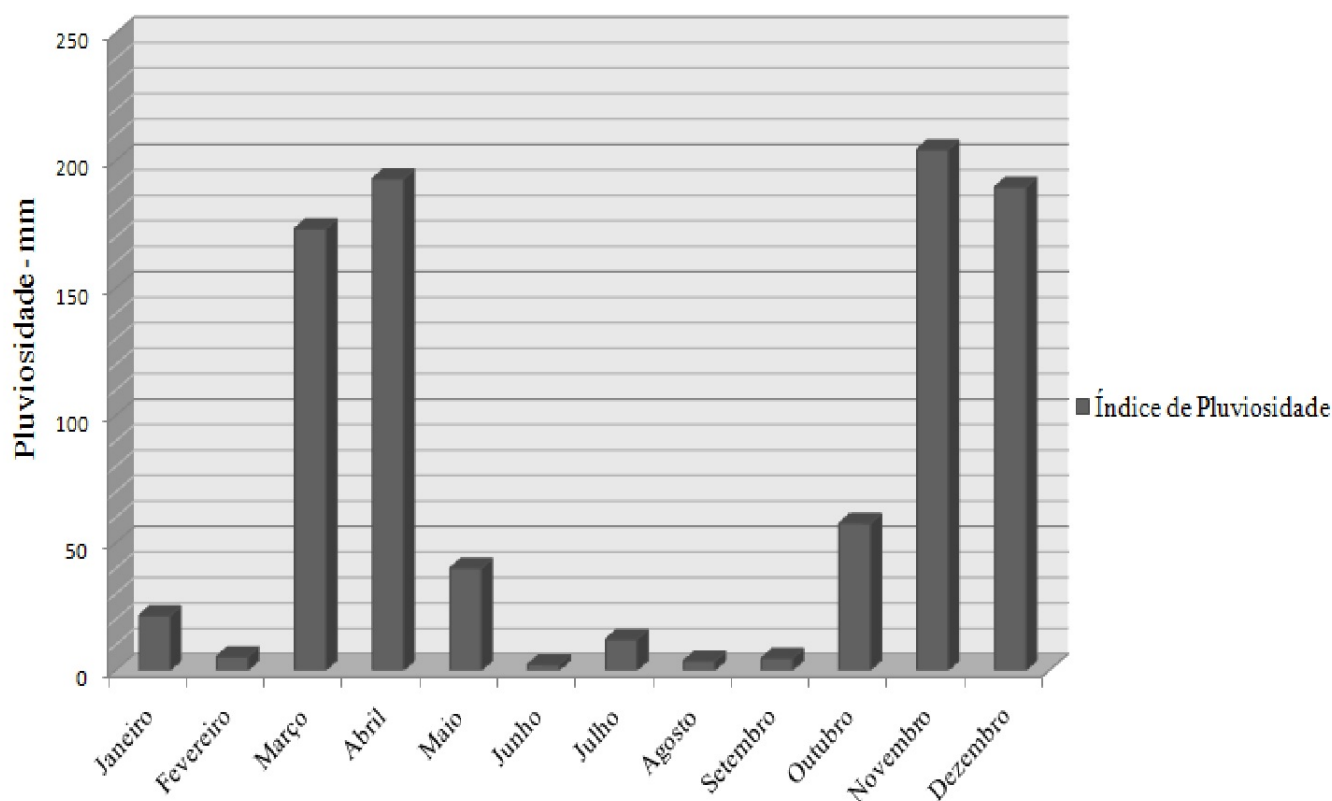


Figura 7: Índice de pluviosidade - ano 2014.

Fonte: Autor, 2016

A figura 7 mostra a distribuição da quantidade de chuva pelos meses do ano de 2014 na região da cidade de Dom Cavati, nota-se que o intervalo onde mais se acumula a precipitação de chuva é o período de outubro a maio.

3.1.3.2 Estimativa da vazão do local

Segundo (RODRIGUES, 2014) o cálculo da vazão volumétrica² pode ser realizado utilizando um reservatório contendo medidas de volume pré-determinadas e um marcador de tempo. No momento em que o reservatório começar a encher, o marcador de tempo é acionado, considerando que no momento em que o reservatório ficar cheio o marcador de tempo é desligado e marca-se o tempo t , como já se conhece o volume v do reservatório pode-se aplicar a seguinte equação 3.1:

² Definida como sendo a quantidade em volume que escoar através de certa secção em um intervalo de tempo considerado. Disponível em <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html>>. Acesso em 05 out. 2016.

$$Q_v = \frac{v}{t} \quad (3.1)$$

Onde:

Q_v representa a vazão volumétrica;

v é o volume;

t intervalo de tempo.

O método utilizado no estudo segue o mesmo princípio citado acima, porém com algumas modificações. O reservatório utilizado foi um tambor com capacidade de 100 litros e para marcação de tempo utilizou-se um cronômetro. Com a ajuda do proprietário, uma pequena barreira de pedras e argila foi construída no leito do rio com a finalidade de canalizar a água para dentro do tambor e, neste instante, seu tempo de enchimento fosse cronometrado. No momento em que a barreira se encontrava pronta, uma pequena abertura de escoamento de água foi deixada para que posteriormente fosse fechada e a água fosse conduzida pelo cano. A canalização foi possível devido ao desnível do terreno e utilizou-se um cano de 150 polegadas para condução da água. Conforme discutido junto ao proprietário, foi proposto que seria canalizada somente a vazão média do rio que é disposta durante a maior parte do ano. Após a marcação de tempo, foram obtidos os seguintes dados:

Tempo de enchimento cronometrado: 5.45 segundos

Litros totais: 100 L

Vazão obtida, aplicando a equação 3.1:

$$Q_v = \frac{100}{5.45} = 18.34L/s$$

arredondado para 18 L/s

3.1.3.3 Estimativa da queda do sistema

Em DNAEE (1985b), observou-se a forma utilizada para medição da queda líquida do sistema de geração. Utilizou-se de um nível de boia de carpinteiro e de duas réguas, a primeira possuindo 2 metros e a segunda de 1 metro de comprimento, sendo esta dotada de escala métrica.

O processo consistiu em colocar a régua dotada de escala métrica na posição vertical no nível do local onde irá ser construída a nova casa de máquina (ponto A) e em seguida colocou-se a régua de maior comprimento em nível com a menor, e controlou-se pelo nível de carpinteiro sua posição horizontal. Logo após, mediu-se a altura h_1 (régua menor) e marcou-se o ponto B, localizado na outra ponta da régua. O processo repetiu-se sucessivamente até o ponto de captação localizado na parte superior da queda d'água. A figura 8 abaixo exemplifica o processo:

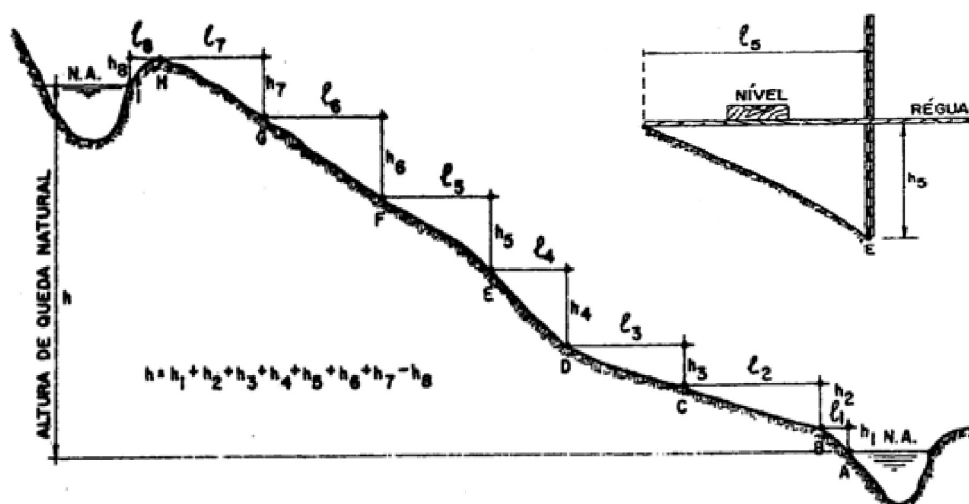


Figura 8: Processo de determinação da altura da queda.

Fonte: DNAEE, 1985b, p. 30

Os dados obtidos foram:

$$h1 = 1m; h2 = 60cm; h3 = 1m; h4 = 70cm; h5 = 1m;$$

$$h6 = 1m; h7 = 1m; h8 = 1m; h9 = 0.70cm; h10 = 1m$$

$$H_{total} = h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + h6 + h7 + h8 + h9 + h10 = 9m$$

obtendo como resultado final 9 metros de queda.

A distância entre o ponto onde se localizara a casa de máquinas e o sistema de captação d'água é de aproximadamente 21 metros, determinada através de medição por fita métrica.

3.1.3.4 Estimativa da vazão Ecológica

Também conhecidas como vazões residuais, ecológicas, remanescentes ou ambientais elas podem ser definidas como volumes de água que permanecem no leito do rio após parte ser subtraída para atender outras finalidades como irrigação, uso público, geração de energia elétrica, entre outros. Existem várias metodologias para determinação da vazão ecológica, existem aproximadamente 207 metodologias para essa definição (BENETTI; LANNA, 2003).

Em Benetti e Lanna (2003) várias são as características abordadas para essa determinação, se existem animais, pessoas, indústrias que utilizam o rio para consumo. Sua característica geológica se é uma área arborizada ou rochosa. A metodologia abordada para determinação do projeto foi a de Tennant³. Este método também conhecido como de Montana, calcula a

³ Desenvolvido por Tennant, na década de 70, baseado em observações sobre habitats aquáticos e vazões durante 10 anos nos estados de Montana, Nebraska e Wyoming, nos E.U.A. Disponível em <<http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/rh/2006/Teses/FARIAS%20JUNIORJEF06tMrhs.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

vazão ecológica considerando como base a vazão média de longo termo (Q_{MLT}) onde são utilizadas diferentes porcentagens para o período de estiagem e para o chuvoso. A tabela 3 abaixo relacionada a porcentagem da vazão recomendada nos períodos de seca e estiagem:

Tabela 3: Vazão recomendada nos períodos de seca e estiagem

Vazão Recomendada (% de Q_{MLT})		
Condição do rio	Período seco	Período Chuvoso
Excepcional	60	60
Excelente	30	50
Boa	20	40
Regular ou em degradação	10	30
Má ou Mínima	10	10

Fonte: PAULO, 2007, p. 28

Como não houve como medir a vazão Q_{MLT} considerando o tempo abordado pelo seu autor, a vazão considerada será a medida no item 3.1.3.1 (18 L/s).

O local a ser sujeito a vazão ecológica é somente a área da queda da cachoeira, onde sua área se caracteriza por relevo rochoso e não há aproveitamento animal ou humano para utilização da água. Podendo adotar a vazão média regular recomendada do período seco e chuvoso:

$$(10 + 30)/2 = 20\% \quad (3.2)$$

Considerando 20% da vazão média adotada (18 L/s), obtêm-se aproximadamente 3,6 L/s.

3.1.3.5 Estimativa do Potencial aproveitável

Segundo DNAEE (1985b), o potencial aproveitável é a determinação da potência máxima que irá ser fornecida pelo local escolhido para instalação da micro central geradora, considerando suas características topográficas de desnível e hidrológicas de vazão. Esse potencial pode ser obtido, em KW, através da seguinte fórmula:

$$Potencial(KW) = 7,16.H.Q \quad (3.3)$$

Onde:

Q = Vazão em m^3/s

H = Queda do sistema em metros

Podem-se obter os seguintes dados:

H = 9 m

Vazão = 0.0144 m^3/s

aplicando-se a equação (3.3) se obtêm:

$$Potencial(KW) = 7,16.9.0,0144 = 0,930KW \text{ aproximadamente}$$

3.1.4 Sistema de Adução

O sistema presente no local está situado abaixo do nível de água do rio possuindo um pequeno desvio do leito principal onde a água é conduzida para o seu interior. O sistema foi construído com tijolos maciços e possui grade de restrição de detritos feita de ferro 3/8". A única modificação proposta é a limpeza do canal condutor e o aumento da entrada da tubulação para permitir maior adução.

3.1.5 Tubulação

3.1.5.1 Cálculo do Diâmetro da tubulação

Segundo DNAEE (1985a) pode-se calcular o diâmetro econômico que se refere ao diâmetro limite para o qual um aumento de sua dimensão pode promover um aumento do benefício energético, podendo resultar na redução das perdas hidráulicas através da equação (3.4):

$$D_e = 127 \sqrt[7]{\frac{Q^3}{Hb}} \quad (3.4)$$

Onde:

D_e - Diâmetro econômico (cm);

Q - Descarga de projeto (m^3/s);

H_b - Carga hidráulica total sobre o conduto (m)

Aplicando-se a equação (3.4):

$$D_e = 127 \sqrt[7]{\frac{0,0144^3}{9}} = 150,70mm$$

o diâmetro da tubulação será de 150,70 mm

3.1.5.2 Determinação da velocidade da água no interior da tubulação

Após concluir o cálculo do diâmetro econômico, verificou-se velocidade máxima admissível para o material adotado para a tubulação, considerando o material de composição da tubulação de aço, sua velocidade máxima admissível é de 5 m/s.

Como afirma Sá (2010) a velocidade de passagem da água no interior das tubulações deve ser controlada para não prejudicar seu escoamento pelo tubo e desse modo, evitar a perda de carga do sistema e o aumento do golpe de aríete (aumento subto de pressão causado por uma alteração súbita na velocidade do caudal na tubagem).

Em DNAEE (1985b) após se determinar o diâmetro e a vazão na tubulação, pode-se calcular a velocidade de escoamento pela tubulação pela seguinte equação (3.5):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{3,1416D^2} \quad (3.5)$$

Sendo:

A - área interna da seção transversal da tubulação – m^2

Q – vazão em m^3/s

D – diâmetro – m

V – Velocidade em m/s

Através dos dados obtidos e aplicando-se a fórmula (3.5) têm-se:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4,0,0144}{3,1416 \cdot 0,15007^2} = 0,81m/s$$

Obtemos o valor de 0,81 m/s referente a velocidade de escoamento da água pela tubulação.

3.1.5.3 Determinação do golpe de aríete

Segundo Sá (2010), o golpe de aríete pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$H_o = \frac{3}{2} \cdot \frac{L \cdot v}{2g \cdot t} \quad (3.6)$$

Considerando que o tempo de fechamento da turbina, através de registro, seja de 4 segundos obtêm-se o seguinte resultado aplicando-se a equação (3.6):

$$H_o = \frac{3}{2} \cdot \frac{L \cdot v}{2g \cdot t} = H_o = \frac{3}{2} \cdot \frac{21,0,81}{2,9 \cdot 8,4} = 0,65m$$

O valor do golpe de aríete é igual a 0,65 m.

3.1.5.4 Verificação da necessidade da instalação da chaminé de equilíbrio

Conforme afirma DNAEE (1985, p. 210), “ A condição para que não haja a necessidade da instalação de uma chaminé de equilíbrio é conhecida pela relação ”:

$$\frac{L_a}{H} \leq 5$$

Sendo:

L_a – comprimento total da tubulação;

H – queda do sistema.

Aplicando os dados do projeto nesta relação obtêm-se:

$$\frac{21}{9} \leq 5 \rightarrow 2,33 \leq 5$$

O valor encontrado mostra que não há necessidade da chaminé de equilíbrio no projeto.

3.1.5.5 Determinação da espessura da tubulação

Segundo Sá (2010) a espessura da chapa da tubulação para quedas com alturas menores de 100 metros ($H < 100$), considerando o material da tubulação de aço doce, é definida pela seguinte fórmula (3.7):

$$e = \frac{0,10.H.d}{2.\sigma} + c \quad (3.7)$$

Onde:

H – Queda bruta mais a altura do golpe de aríete - $H = H_b + H_o$

d - Diâmetro da tubulação;

σ - Carga de segurança á tração do material da tubulação – 1000 a 1200 [kg/cm^2];

c – Coeficiente de segurança (0,002 a 0,003 m) – para aço doce

Obtendo:

$$H = 9 + 0,65 = 9,65m$$

$$e = \frac{0,10.H.d}{2.\sigma} + c \rightarrow e = \frac{0,10.9,65}{2.1000} + 0,002 = 0,002072 = 2.07mm$$

3.1.6 Perdas do Sistema

Conforme Sá (2010), as perdas hidráulicas podem ocorrer em diversas partes de um sistema de geração. Para este projeto, as perdas foram calculadas através das seguintes fórmulas:

Nas partes retas temos a equação (3.8):

$$H_1 = \gamma \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{L}{d} \quad (3.8)$$

Onde:

γ – coeficiente – geralmente tabelado = 0.03;

v – Velocidade da água na tubulação;

L – Comprimento da tubulação (estimado para cada parte);

d – Diâmetro da tubulação;

g – Aceleração da gravidade – considera-se 9.8 m/s^2

Aplicando a equação (3.8) e fazendo o cálculo para cada parte reta da tubulação, temos:

Comprimento de 8 m:

$$H_1 = 0,03 \cdot \frac{0,623^2}{2,9,8} \cdot \frac{8}{0,15007} = 0,03166m$$

Comprimento de 7 metros:

$$H_{1.1} = 0,03 \cdot \frac{0,623^2}{2,9,8} \cdot \frac{7}{0,15007} = 0,0276m$$

Comprimento de 5 m:

$$H_{1.2} = 0,03 \cdot \frac{0,623^2}{2,9,8} \cdot \frac{5}{0,15007} = 0,0198m$$

Somando-se as perdas nas partes retas da tubulação temos:

$$H_{total} = H_1 + H_{1.1} + H_{1.2} = 0,03166 + 0,0276 + 0,0198 = 0,0790m$$

Obtendo como perda total o valor de 0,0790 metros

Nas partes curvas temos a equação (3.9):

$$H_2 = \varepsilon \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (3.9)$$

Onde:

ε – coeficiente do ângulo da curva

A tabela 4 abaixo traz, em parte, a relação para ε . Para valores em que o ângulo seja intermediário, recomenda-se fazer a interpolação.

Tabela 4: Relação ângulo e coeficiente

α°	10	20	30	40	50
ε	0,01	0,03	0,076	0,14	0,24

Fonte: SÁ, 2010, p. 98

Obtendo:

Para o ângulo de 35°, aplicando a equação (3.10) de interpolação devido ao seu valor se encontrar entre 30 e 40:

$$\varepsilon = y = y_1 + \left[\left(\frac{x - y_1}{x_2 - x_1} \right) (y_2 - y_1) \right] \quad (3.10)$$

e considerando:

$$X = 35 \quad Y = ?$$

$$X_1 = 30 \quad X_2 = 40$$

$$Y_1 = 0,076 \quad Y_2 = 0,14$$

Obtemos:

$$\varepsilon = y = y_1 + \left[\left(\frac{x - y_1}{x_2 - x_1} \right) (y_2 - y_1) \right] \rightarrow \varepsilon = y = 0,076 + \left[\left(\frac{35 - 30}{40 - 30} \right) (0,14 - 0,076) \right] = 0,108$$

Aplicando-se este valor a equação (3.9):

$$H_2 = \varepsilon \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,108 \cdot \frac{0,623^2}{2 \cdot 9,8} = 0,00213m$$

Para o ângulo de 30°:

$$\varepsilon = 0,076$$

Aplicando-se este valor a equação (3.9):

$$H_{2.1} = \varepsilon \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,076 \cdot \frac{0,623^2}{2 \cdot 9,8} = 0,00150m$$

Para o ângulo de 15°:

Interpolando:

$$X = 15 \quad Y = ?$$

$$X_1 = 10 \quad X_2 = 20$$

$$Y_1 = 0,01 \quad Y_2 = 20$$

$$\varepsilon = y = y_1 + \left[\left(\frac{x - y_1}{x_2 - x_1} \right) (y_2 - y_1) \right] \rightarrow \varepsilon = y = 0,01 + \left[\left(\frac{15 - 10}{20 - 10} \right) (0,03 - 0,01) \right] = 0,02$$

Aplicando-se este valor a equação (3.9):

$$H_{2.2} = \varepsilon \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,02 \cdot \frac{0,623^2}{2 \cdot 9,8} = 0,000396m$$

$$H_{total} = H_2 + H_{2.1} + H_{2.2} = 0,00213 + 0,00150 + 0,000396 = 0,004026m$$

de perdas nas partes curvas.

Na entrada da turbina:

Adotou-se a equação (3.9) considerando que o possível ângulo da entrada da turbina seja de 35°, neste ponto, a perda será considerada inclusa nos cálculos acima.

Perdas totais:

Somando-se todas as perdas calculadas temos:

$$H_{total} = \sum P_{reta} + \sum P_{curvas}$$

$$H_{total} = 0.0790 + 0,004026 = 0.794 \text{ m}$$

Considerando este valor, as perdas do sistema foram desconsideradas no valor final da queda líquida do sistema por não alterar significamente o valor final.

3.1.7 Blocos de apoio e ancoragem

3.1.7.1 Blocos de Apoio

Em Sá (2010) considera-se que a distância entre um bloco de apoio e outro deve levar em consideração a resistência à flexão em que a tubulação está submetida e considerando o próprio peso da tubulação somado ao peso da água. Contudo, a geografia do terreno também tem grande influência sobre o distanciamento. Neste ponto o calculo da seção do bloco de apoio pode ser definida pela seguinte equação:

$$S = \frac{P}{\sigma} \quad P_{total} = P_t + P_a \quad (3.11)$$

Onde:

P_{total} – Peso total por metro linear da tubulação;

P_t – Peso do tubo de aço por metro linear;

P_a – Peso da água na tubulação;

σ – Carga de segurança do concreto;

σ – 40 a 80 [kg/cm^2] – depende do traço do concreto e da qualidade do cimento;

As equações complementares são:

Peso do tubo por metro linear (considerando o aço):

$$P_t = \pi.d.e.L.\gamma \quad (3.12)$$

Sendo:

d- Diâmetro do tubo;

e – Espessura da chapa do tubo;

γ – Peso específico do aço – $\gamma = 7850 [kg/m^3]$;

L – Comprimento do tubo – geralmente $L = 6$ m

Peso da água por metro linear da tubulação:

$$P_a = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \gamma_a \quad (3.13)$$

Onde:

D – Diâmetro da tubulação;

L – Comprimento da tubulação;

γ_a – Peso específico da água - $\gamma_a = 1000 [kg/m^3]$.

Obtendo através das equações:

Peso do tubo por metro linear:

$$P_t = \pi \cdot d \cdot e \cdot L \cdot \gamma \rightarrow P_t = \pi \cdot 0,15007 \cdot 0,002072 \cdot 6 \cdot 7850 = 46,01kg$$

Peso da água por metro linear da tubulação:

$$P_a = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \gamma_a \rightarrow P_a = \frac{\pi \cdot (0,015007)^2}{4} \cdot 6 \cdot 1000 = 106,12kg$$

Peso total:

$$P_{total} = P_t + P_a = P_{total} = 106,12 + 46,01$$

Cálculo da seção do bloco de apoio:

$$S = \frac{P}{\sigma} = S = \frac{152,13}{40} = 3,80$$

O posicionamento dos blocos de apoio no terreno levará em consideração o posicionamento da tubulação, podendo haver modificações na momento de instalação do mesmo.

3.1.7.2 Blocos de ancoragem

Os cálculos dos blocos de ancoragem serão feitos após a instalação da tubulação, com o objetivo de se alocar a tubulação de forma a obter mais precisamente os dados de alocação. Em Sá (2010) observou-se as fórmulas para se determinar os parâmetros dos blocos de ancoragem e são apresentadas abaixo:

$$\frac{E}{P} = 0,75 \quad (3.14)$$

$$P = \frac{E}{0,75} \quad (3.15)$$

$$E = 2.F.\cos\frac{\alpha}{2} \quad (3.16)$$

$$F = 1.000,00.S.H \quad (3.17)$$

Onde:

E - Empuxo;

P - Peso do Bloco;

S - Seção da tubulação;

H - Altura Da pressão no ponto considerado.

A relação das fórmulas acima está no ponto em que o bloco de ancoragem deve resistir ao empuxo da água \underline{E} na tubulação relacionando seu peso \underline{P} .

O dimensionamento dos blocos seguem o seguinte Parâmetro:

$$b = (1,502,00.d) \quad (3.18)$$

Onde:

d - Diâmetro da tubulação;

b - Largura do bloco.

Considerando que a curva da tubulação seja completamente coberta pelo concreto do bloco de ancoragem, de modo a formar um único bloco maciço de concreto.

3.1.8 Cálculo da potência da Usina

Segundo Sá (2010) pode-se calcular a potência da turbina pela seguinte equação:

$$w = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{liq}}{75} \cdot \eta [CV] \quad (3.19)$$

Onde:

W – Potência da usina [cv];

γ – Peso específico da água – 1000 [kg/m³];

Q – Vazão à plena carga – [m³/s];

H_{liq} – Altura de queda líquida;

η – Rendimento da turbina – [%] (informado pelo fabricante);

75 – 1CV = 75[kgm/seg].

O rendimento informado pelo fabricante Alterima[®] de sua turbina está na faixa de 0.90 à plena carga, aplicando a equação (3.11):

$$w = \frac{1000 \cdot 0,0144 \cdot 9}{75} \cdot 0,9 = 1,55 CV$$

Se analisar pela perda total do projeto 0.794 metros no cálculo acima obtemos o seguinte valor:

$$H_{liq} = 9 - 0,794 = 8,206 m$$

$$w = \frac{1000 \cdot 0,0144 \cdot 8,206}{75} \cdot 0,9 = 1,41 CV$$

Como a variação do valor considerando as perdas do sistema foi pouca em relação ao valor original, o cálculo adotado foi o que considera a queda líquida de 9 metros.

O cálculo da potência do gerador em KVA pode ser dado pela seguinte equação:

$$w = \frac{CV \cdot \eta_g \cdot 0,0736}{\cos \theta} \quad (3.20)$$

Onde:

CV – Potência da turbina em [CV];

η_g – Rendimento do gerador – 0,90 – informado pelo fabricante Alterima[®]

$\cos \theta$ – Fator de potência – 0,92

Aplicando a equação (3.12) obtemos o seguinte valor:

$$w = \frac{1.55.0,90.0,0736}{0,92} = 1,11KVA$$

O valor acima é o estimado para geração. O gerador disposto pelo fabricante Alterima[®] vem acompanhado com o sistema de estabilização de tensão e corrente para controle dos parâmetros de geração. Seu tempo de vida útil informado pelo fabricante é de aproximadamente 20 anos. Seus geradores possuem um sistema de auto-excitação e características síncronas.

Conforme Sá (2010) a escolha da turbina pode ser feita levando em consideração a rotação específica da turbina (η_s) e o valor de rpm do gerador, através da seguinte equação:

$$\eta_s = n \cdot \frac{\sqrt{W}}{H_d \cdot \sqrt[4]{H_d}} \quad (3.21)$$

Onde:

H_d – Altura da queda;

η_s – Número de rotações específicas da turbina;

n – Rotações por minuto (RPM) do gerador;

Considerando que o valor de rotações do gerador Alterima[®] pode variar de 600 a 1200 rpm e trabalhando com o valor de 600 rpm, podemos obter através da equação (3.12):

$$\eta_s = n \cdot \frac{\sqrt{W}}{H_d \cdot \sqrt[4]{H_d}} \rightarrow \eta_s = 600 \cdot \frac{\sqrt{1,55}}{9 \cdot \sqrt[4]{9}} = 47,91$$

Obtendo um valor de $\eta_s = 47,91$

A tabela 5 abaixo traz a relação com os tipos de turbinas e seus respectivos números específicos de rotações (η_s) (SÁ, 2010, p. 57).

Tabela 5: Tipos de turbinas e seus respectivos números específicos de rotações

TIPO DE TURBINA	η_s - [RPM]
Roda tangencial pelton com um jato	12 a 30
Roda tangencial pelton com vários jatos	30 a 50
Francis marcha lenta	50 a 100
Francis normal	100 a 200

fonte: SÁ, 2010, p. 57

Observando estes valores a turbina que se encaixa com o valor de η_s encontrado é a turbina pelton com vários jatos.

3.1.9 Planejamento do uso da energia elétrica gerada

Conforme DNAAE (1985a) o dimensionamento da carga de atendimento do projeto constitui uma das formas mais eficazes de se aproveitar corretamente a energia elétrica gerada pela usina. A relação de cargas que utilizaram a energia elétrica traz como benefício a possibilidade de analisar se a potência gerada será suficiente para atender a carga consumida. Se a relação de cargas superar a potência de geração da usina, poderá ser feito uma tabela de revezamento das cargas, visando adequar o valor de carga ao valor de potência gerada.

A relação de cargas de utilização do projeto, conforme disposto pelo proprietário senhor Adilson, será disposta por pontos de iluminação em sua propriedade, visando melhorar a locomoção das pessoas durante a noite. Durante o dia proprietário pretende utilizar a energia para acionamento de uma bomba de 0,5 CV para abastecimento de poço de peixes.

Analisando por estes parâmetros obtemos:

- Durante o dia:

Bomba 1 HP = 745,7 W

- Durante a noite:

9 pontos de iluminação com potência de 100 w cada

$9 \times 100 = 900 \text{ W}$

Analisando por estes dados e comparando com o cálculo da potência da usina obtemos um potencial de geração maior que a potência consumida, considerando o período diurno e noturno. Neste caso, o proprietário poderá utilizar todo o potencial disponível, obtendo sobra de energia gerada.

3.1.10 Casa de Máquinas

De acordo com DNAAE (1985a), a construção da casa de máquinas deve levar em consideração a economia em sua construção, mas sem deixar a qualidade de lado, selecionando materiais econômicos e que satisfaçam o projeto. Indo ao encontro a SÁ (2010) o local selecionado para sua construção é seguro em relação ao curso d'água. A formulação de seu projeto leva em consideração o tipo de sistema de geração (turbina e gerador) que irá ser alocado no local e permite abrigar os equipamentos de forma segura e simples.

A casa de máquinas será construída⁴ na parte baixa da queda d'água, no mesmo ponto onde se localiza a antiga casa de máquinas, na margem do rio, em região afastada do ponto de inundação. Sua estrutura é do tipo exterior e coberta com telhas de amianto. Suas características

⁴ O projeto estrutural e arquitetônico da casa de máquinas foi elaborado junto com a colaboração do engenheiro civil André Luiz Tairone Souza, CREA - MG: 200570/LP, objetivando a construção de uma estrutura bem planejada e calculada que atenda aos parâmetros de alocação do sistema de geração.

arquitetônicas estão no apêndice C.

3.1.10.1 Fundações

Será feita em concreto armado, levando em consideração a análise parcial do tipo de solo do local, construída para suportar o peso das paredes e assegurar área suficiente para abrigar os equipamentos hidráulicos e elétricos do projeto. O apêndice D traz os parâmetros da fundação.

3.1.10.2 Piso

Conforme DNAEE (1985a) o piso do projeto será construído de forma a evitar o acúmulo de água, sujeira e umidade no local. O material utilizado em sua construção será o concreto batido.

3.1.10.3 Paredes

Conforme Sá (2010) suas paredes serão construídas de tijolos furados deixando uma abertura para porta de entrada, sendo esta de tamanho ideal para permitir a entrada dos equipamentos, e outra pequena abertura de ventilação onde será posto um vitrô. Sua estrutura permitirá iluminação natural com a instalação do vitrô, podendo ser aumentada com a instalação de tijolos de vidro, estes últimos dependerão de aprovação do proprietário. Seu revestimento será em reboco.

3.1.10.4 Cobertura

Indo ao encontro a DNAEE (1985a) a construção da cobertura do local será construída de forma a evitar a condutibilidade térmica, condensação do vapor e assegurar cobertura eficiente dos equipamentos. Os materiais empregados em sua construção serão madeira e telhas amianto.

3.1.10.5 Canal de fuga

A construção do canal de fuga será disposta de forma a conduzir a água após sua passagem pela turbina de volta ao leito do rio sem ocasionar erosão no terreno. Os materiais utilizados para construção do canal serão manilhas de concreto em metade, de 0.80 de diâmetro. O comprimento do canal de fuga é estimado em 11 metros.

3.1.11 Escolha do sistema para Transmissão

Conforme DNAEE (1985a) para o projeto de transmissão da energia gerada até a casa do senhor Adilson, a tensão de transmissão, sempre que possível, deve ser igual a tensão de

geração, no caso do projeto a tensão adotada será a de 127 V (volts). A tensão de transmissão considera, além de outros parâmetros, a potência a se transmitir e o comprimento da linha. A escolha do cabo condutor, se conduziu adotando os valores a seguir, considerando as seguintes características físicas:

- Tipo de cabo (alumínio) – CAA;
- Cabo com 6 fios;
- Queda de tensão na linha - 5%;
- Fator de Potência – FP = 0,8;
- Frequência da corrente – 60 Hz;
- Temperatura ambiente – 25°C;
- Sistema monofásico - tensão – 127 V.

A tabela 6 abaixo apresenta as características para escolha do cabo da linha de transmissão:

Tabela 6: Relação Cabo x Distância x Potência

P - (KW)	Distância Máxima de Transmissão - L (m)				
	Nº6	Nº4	Nº2	Nº1/0	Nº2/0
2	62	92	132	184	216
3	41	61	88	123	144
4	31	46	66	92	108
5	25	37	53	74	86

Fonte: DNAEE, 1985a, p. 266

Considerando que o comprimento da linha de transmissão do projeto esta abaixo do valor de 62 metros e o valor potência gerada também está abaixo do valor da tabela, o cabo escolhido para o projeto é Nº6 conforme o manual, porém conforme novas atualizações de parâmetros do mercado, o cabo escolhido será o de Nº4 (21mm), monofásico, que equivale ao de Nº 6 da tabela.

O tipo de poste adotado para o projeto é o de madeira com diâmetro de 20 cm, com altura de 10 metros. Serão utilizados para complementação, armação secundária de 2 estribos e 2 isoladores roldana. Estes últimos faram a sustentação e isolamento dos condutores.

3.1.12 Tabela de Custos

A tabela 7 a seguir traz os custos estimados para implementação do projeto em questão:

Tabela 7: Tabela de custos.

MATERIAL	QTD	VENDEDOR	PREÇOS - R\$	
			UND	TOTAL
Tubulação (6 m)	4 unid.	Ferrobraz [®]	154,00	616,00
Gerador (1KVA)	1	Alterima [®]	3.000,00	3.000,00
Turbina tipo pelton	1	Alterima [®]	11.000,00	11.000,00
Volante de inércia	1	Alterima [®]	2.750,00	2.750,00
Cabo N°4 CAA	42 m	Construede [®]	34,50	34,50
Armação sec. 2 estribos	2 pçs	Construede [®]	5,47	10,94
Poste de madeira	2 pçs	Madeiraira Dois Irmãos [®]	640,00	640,00
Caibros de madeira	9 m	Madeiraira Dois Irmãos [®]	75,00	75,00
Isolador roldana	4 pçs	Construede [®]	3,44	13,76
Tijolos (15 x 30 x 20)	300	Construifilho [®] - Mat. de Const.	270,00	270,00
Cimento (saco)	12	Construifilho [®] - Mat. de Const.	252,00	252,00
Brita N°0	1 m	Construifilho [®] - Mat. de Const.	45,00	45,00
Areia	2 m	Construifilho [®] - Mat. de Const.	100,00	100,00
Cal p/ reboco (saco)	3	Construifilho [®] - Mat. de Const.	36,00	36,00
Telha de amianto	7 unid.	Construifilho [®] - Mat. de Const.	11,50	80,50
Mão de obra	5 dias	Pedreiro	90,00	450,00
CUSTO TOTAL - R\$			20.783,73	

Fonte: Autor, 2016

Como visto na tabela 7, o preço total do projeto está estimado em R\$ 20.783,73 reais. O orçamento de cada material que irá compor o projeto de geração foi devidamente pesquisado em vários pontos de vendas com o objetivo de se obter os menores valores de custos possíveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos durante todo o dimensionamento, dos cálculos e análises feitas do local, do sistema de geração para ser implantado na microcentral hidrelétrica, podem ser vistos no capítulo 3 referente aos procedimentos metodológicos. Em primeiro instante se contextualizou todas as características referentes ao local de implantação da usina e a finalidade para qual se dava tal dimensionamento.

A parte de coleta de dados, referente às características da altura de queda e vazão do sistema, pode ser constatada no item arranjo geral. Os dados obtidos demonstraram a possibilidade de implantação do sistema de geração, visto que, a obtenção de dados inferiores aos coletados poderia inviabilizar o projeto. A parte dos cálculos relativos ao sistema de tubulação, situada no item 3.1.5, levou em consideração as características de altura de queda do projeto, a vazão disposta para geração e o comprimento da tubulação. Considerando essas características optou-se pela tubulação construída em aço, visto que, suas características de resistibilidade a intempéries e a danos causados por fatores externos são maiores. Abordando os cálculos de perdas do sistema, item 3.1.6, pode-se constatar que os dados obtidos eram pequenos e poderiam ser desconsiderados nos cálculos da potência do sistema sem causar variação significativa nos resultados finais.

Para apoio da tubulação, calcularam-se no item 3.1.7.1 os blocos de apoio que serão utilizados para sustentação da tubulação. Os resultados demonstraram que a seção do bloco será suficiente para apoio da tubulação, considerando que o solo por onde a tubulação irá passar é rochoso e os pontos de alocação dos blocos serão dispostos durante o processo de montagem da tubulação considerando alguma mudança posterior na trajetória da tubulação. Os cálculos dos blocos de ancoragem foram deixados para o momento após a fixação da tubulação, objetivando definir precisamente seu local de alocação.

Abordando os cálculos da potência de geração da usina, item 3.1.7, os resultados obtidos mostram que a potência de geração é suficiente para atender as cargas que serão alocadas ao sistema, item 3.1.8. Juntamente com sua potência, foram calculados os parâmetros do gerador e da turbina do sistema. Na parte referida ao gerador, os resultados demonstraram que um gerador com potência de 1 KVA será suficiente para atender as demandas do projeto. O orçamento de aquisição do gerador foi feito junto à empresa Alterima[®], com uma sede localizada na região da cidade de Manhuaçu, Minas Gerais. Ainda neste ponto, obteve-se também o tipo de turbina para o projeto, o dados apontaram para a turbina do tipo pelton com vários jatos. Seu orçamento também foi feito junto a Alterima[®]. A empresa disponibilizou um conjunto de geração que atende as características necessárias ao projeto, sendo que este conjunto é entregue pela empresa no local onde será construído o projeto.

Para alocação de todo o conjunto de geração, definiu-se, item 3.1.10, o tipo de construção em que seria disposta a casa de máquinas. As características construtivas foram levantadas considerando as características do sistema de geração, onde se optou por uma construção em alvenaria, revestida por reboco e coberta por telhas de amianto. A casa de máquinas foi projetada para proteger das intempéries, de forma mais econômica possível, todo o conjunto de geração, visando aumentar a proteção do sistema de geração.

O tipo de sistema de transmissão definido, item 3.1.11, foi projetado para se ter os menores valores de perdas neste ponto, visando atender as cargas com o valor mais aproximado da potência gerada. O orçamento de seus componentes para transmissão foi obtido em empresas da região da cidade de Caratinga – MG, visto que, sua proximidade do local de instalação e preços competitivos justificou a escolha.

Após a obtenção de todos os parâmetros do projeto, montou-se a tabela de custos, item 3.1.12, que demonstrava o preço final de cada material empregado e o preço final de construção do projeto. A escolha de cada orçamento levou em consideração os menores preços dos materiais no mercado regional, objetivando uma redução nos custos e visando um preço final acessível ao proprietário.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

A sugestão para trabalhos futuros se enquadra no quesito de avaliação de custo do projeto. Analisar os valores de implantação do projeto e comparar com outros investimentos para avaliar se o investimento no sistema de geração é plausível e se há uma relação custo benefício que justifique sua implantação. Outra análise que poderá ser feita é a alocação do sistema de geração junto a rede da concessionária local no período em que a energia elétrica gerada não estiver sendo usada. Buscando através desse procedimento uma diminuição na conta de luz da propriedade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As microcentrais hidrelétricas mostram-se como uma opção de oferta de energia para uso em propriedades rurais para suprimento parcial ou total de suas cargas ou mesmo uma alternativa frente à energia da concessionária local, visto que no Brasil existe grande disponibilidade hídrica e materiais disponíveis para tal aproveitamento.

Na parte de estudo de caso, reuniu-se todos os dados referentes às características da região que demonstraram a possibilidade de instalação da microcentral geradora. Ao final deste trabalho, têm-se os parâmetros de dimensionamento dos equipamentos que serão utilizados na construção do projeto e os custos de cada material envolvido em sua implantação. A região é de fácil acesso, o que facilita o fornecimento dos materiais de construção.

Caso o senhor Adilson opte pela implantação da microcentral hidrelétrica teremos um sistema de geração limpo e quase autônomo, ou seja, não se têm impactos ambientais que sejam relevantes já que o sistema se trata de uma usina a fio d'água. Outro aspecto positivo é a independência da rede da concessionária local, ou seja, não está sujeito a tarifas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Banco de Informações sobre Geração – BIG: Informações técnicas**. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 20 agos 2016.
- _____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: ANEEL, 2008a. 236 p.
- _____. **Energia hidráulica**. 2008b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em 25 ago. 2016.
- ALMEIDA, J. L. C. N. **Análise da viabilidade técnica e econômica de implantação de uma microssinhidrelétrica**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá.
- BENETTI, A. D; LANNA, A. E. **Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios**. In. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídrico**. Volume 8 n.2 Abr/Jun 2003, 149–160. Porto Alegre: UFRS, 2003. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/a1384f4f13ac47c26c76e5265737e494_66eeea9e19e31efcbba5b22c97767577.pdf>. Acesso em: 2 set 2016.
- BERMANN, C. **Energia no Brasil: Para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Livraria da Física: FASE. 2002. 139 p.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. de. **Geração de Energia Elétrica: Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2012.
- DÁRIO, E. R. **Máquinas Térmicas e de Fluxo**. Joinville: IFST, 2012.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DNAEE. **Manual de Micro Centrais Hidrelétricas**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1985a. 344 p.
- _____. **Manual de Mini Centrais Hidrelétricas**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1985b. 530 p.
- DIAS, I. O. **Procedimentos para Implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica, do Estudo de Inventário à Outorga**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 83 p.
- ELETROBRÁS. **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Brasília: CMEB, 2000.
- FREITAS, I. T. W. de. **Destinação das Águas de Drenagem Urbana para a Microgeração de Energia Elétrica**. Juiz de Fora: UFJF, 2013.
- GUITARRA, G. B. **Estimativa de Vazão para Implantação de Micros Centrais Hidrelétricas com a Utilização do SIG**. São Carlos: USP, 2012

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (Brasil). **Censo Demográfico 2010**. IBGE 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 ago. 2016.
- LEÃO, F.R.. **Dimensionamento de uma Pequena Barragem de Terra para Produção de energia elétrica e irrigação em uma Propriedade rural**. Anápolis: UNUCET, 2012.
- LEONELLI, R.J. **Projeto de Geração de Energia em Micro Escala: Energia Hidroelétrica**. Garça: FAEF, 2002.
- MENDONÇA, Luciana. O legado das hidrelétricas. 68º Ed. **O Setor Elétrico**. 2011. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-empresa/714-o-legado-das-hidreletricas.html>>. Acesso em: 3 set. 2016.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . [BEN] **Balço Energético Nacional de 2015: Ano Base 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2015. 292p.
- _____. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, 2007. 61 p.
- MOURA, Gustavo N. P. de. **Energia Renovável: Diagnóstico da Geração de Eletricidade em Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro. UFRJ, 2008.
- PAULO, R.G. F. de. **Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: Destaque para aplicação do método do Perímetro molhado no caso de capim Branco I**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- PINTO, Milton. **Energia Elétrica – Geração, Transmissão e Sistemas Interligados**. 1 Ed. São Paulo: LTC, 2013. 126 p.
- REIS, Lineu Bélico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2. Ed. Barueri, SP: Manole, 2011.
- RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda J. **Introdução a Cinemática dos Flúidos**. Engbrasil, 2014. Disponível em <<http://www.engbrasil.eng.br/pp/mf/aula8.pdf>>. Acesso em 05 out. 2016.
- SÁ, Cleber Malta de. **Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2 Ed. Goiânia: Kelps, 2010. 186 p.
- SAMPAIO, Alan Santos Junior. **Estudo de um Gerador de Indução Assíncrono autoexcitado por capacitores**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015. 52 p. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015173.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2016.
- SOARES JÚNIOR, Ricardo Luiz. **Projeto conceitual de uma turbina hidráulica a ser utilizada na usina hidrelétrica externa de Henry Borden**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.73 p. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005429.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2016.
- STANO JÚNIOR, Â.; TIAGO FILHO, G. L. **Energias Renováveis**. Itajubá: FAPEPE, 2007. 44p.

STANO, Ângelo; VIANA, Augusto Nelson Carvalho. **Curso PCHs**. Campinas: AGRENER, 2002.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica** – Rio de Janeiro: EPE, 2016. 452 p.

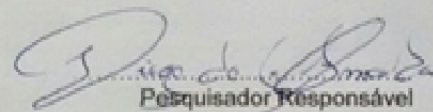
APÊNDICE A - PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA

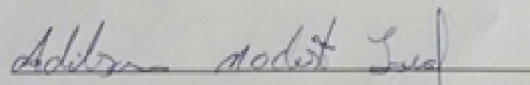
SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

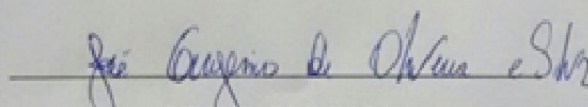
Venho por meio deste, solicitar autorização para a realização da pesquisa: "ANÁLISE DO REDIMENSIONAMENTO TÉCNICO DE UM MICROSSISTEMA PARTICULAR DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA", sob responsabilidade do aluno **Diego de Souza Almeida**, para apresentação na Banca de Avaliação, no Instituto Tecnológico de Caratinga, CNPJ 19.322.494/0001-59. O objetivo é: A coleta de dados, que será realizada através de **Visitas de Campo Presencial**. Na propriedade do senhor Adilson Modesto Leal, CPF..... **Censurado**..... Região rural da cidade de Dom Cavati – MG.

Atenciosamente,


Pesquisador Responsável

De acordo em 26 / 06 / 2016


RESPONSÁVEL PELA PROPRIEDADE


ORIENTADOR TCC I

APÊNDICE B - PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA

SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

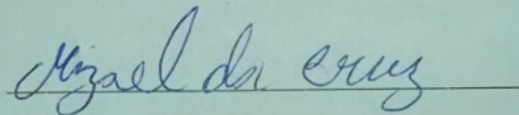
Venho por meio deste, solicitar autorização para a utilização dos dados da estação de coleta fluviométrica da Copasa, código: 56935000, localizada na cidade de Dom Cavati, para apresentação na Banca de Avaliação, no **Instituto Tecnológico de Caratinga**, CNPJ 19.322.494/0001-59, sob responsabilidade do aluno **Diego de Souza Almeida**. O objetivo é: A utilização dos dados para geração de gráficos de índices fluviométricos da cidade de Dom Cavati – MG.

Atenciosamente,

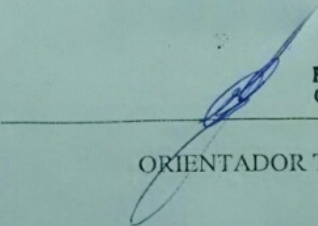
DIEGO DE SOUZA ALMEIDA

Pesquisador Responsável

De acordo em 16 / 11 / 2016



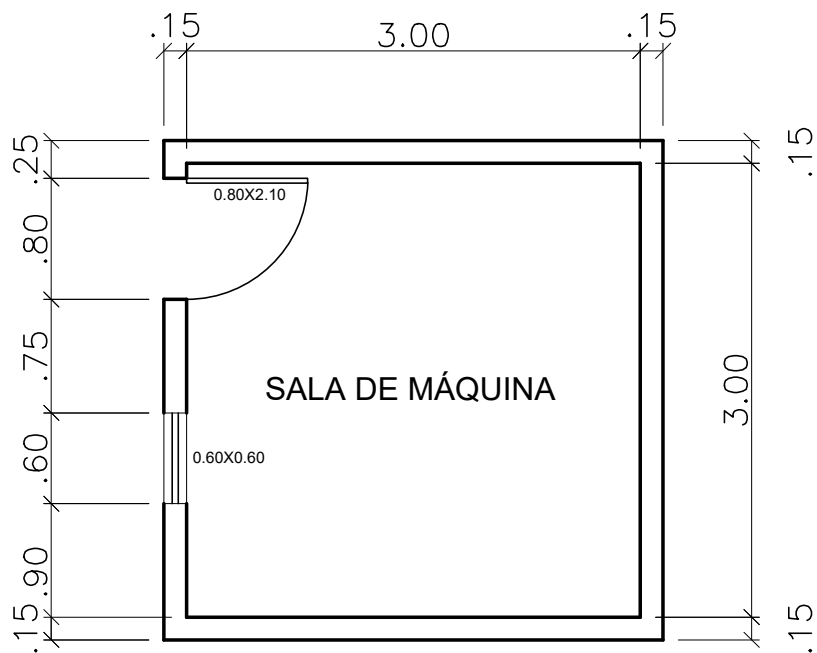
RESPONSÁVEL COPASA



Prof. Jaildo Fernandes C. Júnior
Coordenador Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doutora
Campus Caratinga

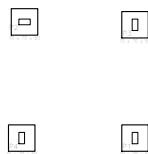
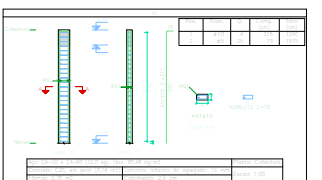
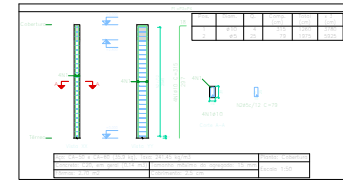
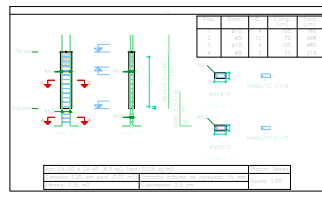
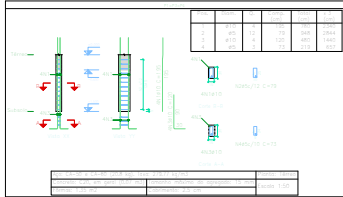
ORIENTADOR TCC II

APÊNDICE C - PROJETO ARQUITETÔNICO

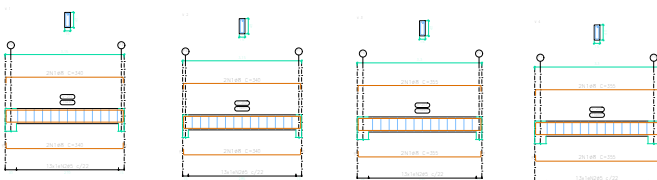
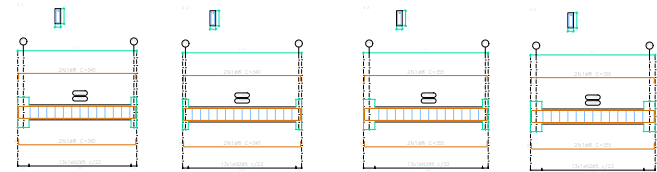
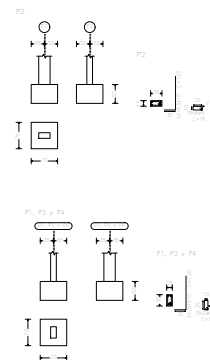


TÍTULO: PROJETO ARQUITETONICO		FORMATO: A4
DESCRIÇÃO: Sala de máquina		FOLHA: 01/01
ENDEREÇO:		
PROPRIETÁRIO:		
RT:		
Andre Luiz Tairone Souza – CREA MG: 200570/LP		
CONTEÚDO: Projeto Arquitetônico		
OBS:		
ÁREA DO LOTE:	ÁREA CONSTRUÍDA TOTAL: 10,89 m ²	
ESCALA: 1/50	DATA: 12/10/2016	

APÊNDICE D - PROJETO FUNDAÇÃO

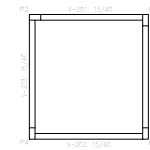


Item	Qtd	Medida	Unidade
1	4	1,00	m
2	4	1,00	m
3	4	1,00	m
4	4	1,00	m

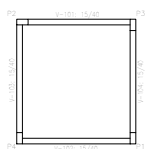


Item	Qtd	Medida	Unidade
1	4	1,00	m
2	4	1,00	m
3	4	1,00	m
4	4	1,00	m

Concreto: C20, em geral
 Arço dos bornos: CA-50 e CA-60
 Arço dos apoios: CA-50 e CA-60



Concreto: C20, em geral
 Arço dos bornos: CA-50 e CA-60
 Arço dos apoios: CA-50 e CA-60
 Bacia vigas: 1:50
 Corte vigas: 1:20
 Corte aberturas: 1:20



Concreto: C20, em geral
 Arço dos bornos: CA-50 e CA-60
 Arço dos apoios: CA-50 e CA-60
 Bacia vigas: 1:50
 Corte vigas: 1:20
 Corte aberturas: 1:20

Item	Qtd	Medida	Unidade
1	4	1,00	m
2	4	1,00	m
3	4	1,00	m
4	4	1,00	m

TÍTULO: PROJETO ESTRUTURAL	FORMATO: A1
DESCRIÇÃO: Sala de máquina	FÓLHA: 01/01
ENDEREÇO:	
PROPRIETÁRIO:	
RT:	
Andre Luiz Talrone Souza - CREA MG: 200570/LP	
CONTEÚDO: Projeto Estrutural	
OBS:	
ÁREA DO LOTE:	ÁREA CONSTRUIDA TOTAL: 10,89 m²
ESCALAS: Indicadas	DATA: 12/16/2016

ANEXO A - FOLHA DE REGISTRO DE PLUVIOSIDADE

COPASA Soluções em saneamento		REGISTRO DIÁRIO DE ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA		MUNICÍPIO: 29 de Setembro	MÊS/ANO: 07-2006	
				LOCALIDADE: 2250400/03		
D I A	LEITURA		D I A	LEITURA		OBSERVAÇÕES GERAIS:
	HORÁRIO	PRECIPITAÇÃO (mm)		HORÁRIO	PRECIPITAÇÃO (mm)	
01	07	0,0	16	07	7,8	11.00
02	07	0,0	17	07	10,7	
03	07	14,3	18	07	0,0	
04	07	4,0	19	07	0,0	
05	07	0,0	20	07	0,0	
06	07	0,0	21	07	0,0	
07	07	2,7	22	07	0,0	
08	07	1,4	23	07	0,0	
09	07	0,2	24	07	0,4	
10	07	0,0	25	07	0,5	
11	07	0,9	26	07	27,1	
12	07	7,9	27	07	2,7	
13	07	10,7	28	07	0,5	
14	07	4,4	29	07	8,9	
15	07	10,8	30	07	3,6	
			31	07	0,0	

NOTA:
EFETUAR LEITURA ENTRE 07:00 E 09:00 HORAS.

MANANCIAL CAPTADO ESTÁ SECANDO?
() SIM () NÃO

IDENTIFICAR QUALQUER PROBLEMA NO PLUVIÔMETRO E NA PROVETA.

OBSERVADOR/MATRÍCULA: Mat - 62753 Alt - 1330
Rizal de Cruz André Salvador Araújo

Nº PATRIMONIAL: DESTINAÇÃO DA VIA: DVHD