



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FABIANO MARREIROS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE MICROCENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NA REGIÃO DE CIANORTE/PR**

FABIANO MARREIROS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE MICROCENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NA REGIÃO DE CIANORTE/PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch

Co- Orientador: Prof. Dr. Marcelo Real Prado.

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S729a Souza, Fabiano Marreiros de.
Avaliação da implantação de microcentrais hidrelétricas na região de Cianorte/PR
/ Fabiano Marreiros de Souza. – Londrina, 2014.
109 f. : il.

Orientador: Ricardo Ralisch.

Coorientador: Marcelo Real Prado.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Recursos energéticos – Teses. 2. Usinas hidrelétricas – Teses. 3. Barragens e
açudes – Estudos de viabilidade – Teses. 4. Energia – Fontes alternativas – Teses.
5. Desenvolvimento energético – Teses. I. Ralisch, Ricardo. II. Prado, Marcelo Real.
III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-
Graduação em Bioenergia. IV. Universidade Estadual de Maringá. V. Universidade
Estadual de Ponta Grossa. VI. Universidade Estadual do Centro-Oeste. VII. Universidade
do Oeste do Paraná. VIII. Universidade Federal do Paraná. IX. Título.

CDU 620.91

FABIANO MARREIROS DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE MICROCENTRAIS
HIDRELÉTRICAS NA REGIÃO DE CIANORTE/PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Co- Orientador: Prof. Dr. Marcelo Real Prado
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Prof. Dr. Carlos Roberto Balarim
Universidade Estadual de Ponta Grossa -
UEPG

Prof^a. Dra. Carmen Luisa Barbosa Guedes
Universidade Estadual de Londrina -
UEL

Prof. Dr. Mauro Ravagnani
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Londrina, 30 de Abril de 2014.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Maria Marreiros de Souza e Hercilio Vicente de Souza (sempre presente) e a todos os meus familiares e amigos que me apoiaram nesta empreitada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Ralisch pela orientação neste trabalho, por acreditar em meu projeto e contribuir muito com seu conhecimento e profissionalismo.

A professora Dra. Carmen Guedes, pela amizade, pela dedicação e por me acolher muito bem no PPGB-UEL, bem como não medir esforços em me auxiliar nas necessidades.

Aos colegas do PPGB de todas as instituições nucleadas que dividiram comigo ansiedade, confraternização, risadas e acima de tudo conhecimento.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, principalmente em alguns dos trabalhos de campo são eles: Claudia Echs, Eroni Echs, Cleberson Prezotto, Gelaine Prezotto, Gilmar de Araujo Pinto (Gilmarzinho), Fernando Rodrigues (Vale do Pirapó), Ronaldo Quezini (Vale do Pirapó), Marcio Mendes (Vale do Pirapó), Reinaldo José Bolanho (Nego Bolanho), Deymis Trento Bassi, Djason Trento Bassi, Miguel Bolanho, etc.

Não era minha intenção agradecer desta forma, mas infelizmente a vida nos dá rasteiras que demoramos para se restabelecer; perdi a pouco tempo, ainda durante a realização do mestrado e elaboração deste trabalho, o meu grande amigo Marcio Arêas de Maringá, que sempre me apoiou em todos os momentos que necessitei, dando apoio e hospedagem durante minhas aulas na UEM e parada obrigatória nas voltas de viagem à UEL em Londrina. Caro amigo e parceiro, este trabalho dedico a todos mas à você em especial e onde quer que esteja, abençõe para que este meu trabalho alcance seu êxito, Obrigado.

Aos proprietários rurais que confiaram neste trabalho, abrindo suas porteiras para o estudo das quedas d' água, são eles: Sr. Gildo Catapan, Miguel Minielo, Sr. Gerino Teixeira e Hamilton Ecks.

SOUZA, Fabiano Marreiros de. **Avaliação da implantação de microcentrais hidrelétricas na região de Cianorte/PR**. 2014. 109 f. Dissertação de Mestrado em Bioenergia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

A presente dissertação avalia o processo de implantação de microcentrais hidrelétricas, no aproveitamento do potencial energético de pequenas quedas d' água, localizadas em quatro propriedades rurais no município de Cianorte/PR. Para tanto, nas propriedades rurais utilizadas como referência, foram levantados em campo dados referentes a altura de queda que variaram entre 5,5 e 12,5 metros; vazões dos cursos d' água que variaram entre 0,042 a 0,51 m³/s; bem como os equipamentos elétricos e a demanda de energia elétrica consumida nas mesmas. Com os resultados em mãos foram determinados a estimativa de potência hidráulica disponível; a turbina e o gerador a serem utilizados, bem como outros equipamentos indicados para o perfil de cada queda d' água. Foram determinados a demanda, a potência a ser gerada e o consumo de energia elétrica e, verificou-se que nas quatro situações estudadas, houve excedentes de produção, que variavam de 472 à 15.059,20 kWh. Foram avaliados também os benefícios da implantação, a quantidade de informações e os marcos legais atuais disponíveis, além dos possíveis impactos ambientais que poderão ocorrer nas fases de implantação, construção e operação dessas microcentrais. Além dos aspectos técnicos abordados nesta dissertação, há aspectos econômicos e financeiros que devem nortear a realização ou não de investimentos nesta área. Por questões operacionais este estudo não abordou a viabilidade econômica das propostas, fato que deve ser considerado na continuidade deste trabalho.

Palavras-chave: Hidrelétrica. Energia elétrica alternativa. Zona rural. Viabilidade técnica das MCH's. Marco legal das MCH's.

SOUZA, Fabiano Marreiros de. **Evaluation of the implantation of micro hydroelectric in the municipality of Cianorte / PR.** 2014. 109 p. Dissertation (Master in Bioenergy – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014).

ABSTRACT

This thesis evaluates the process of implantation of micro hydroelectric, in use of the potential of small waterfalls, located in four small farms in the municipality of Cianorte / PR. Therefore, in rural properties used as reference, were collected in the field data for the drop height ranging between 5.5 and 12.5 meters; flow of water courses ranging from 0.042 to 0.51 m³ / s; and the electrical equipment and the electricity demand consumed in them. With the results in hand were determined to estimate hydraulic power available; the turbine and the generator to be used, as well as other equipment suitable for the profile of each drop of water. Were determined by demand power being generated and power consumption, and it was found that in the four cases studied, there was overproduction, ranging from 472 kWh to 15059.20. Also evaluated the benefits of implementation, the amount of information and the current legal frameworks available, in addition to possible environmental impacts that may occur in the implementation phases, construction and operation of these micro. In addition to the technical aspects discussed in this dissertation, there are economic and financial aspects that should guide and whether or not research investment. For operational reasons this study did not address the economic viability of the proposals, a fact that should be considered in continuing this work.

Keywords: Hydroelectric microgeneration. Alternative electricity. Small farms Zone. Technical feasibility and legal framework of the MCH's.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	O Uso da Energia Hidráulica em Pequena Escala.....	3
2.2	Elementos que Compõem uma Microcentral Hidrelétrica	6
2.2.1	Sistemas de captação de água.....	6
2.2.1.1	Captação de água diretamente de rios	6
2.2.1.2	Captação de água de barragens.....	6
2.2.1.3	Barragem de terra.....	7
2.2.1.4	Barragem de alvenaria de pedra argamassada	9
2.2.1.5	Barragem de madeira	10
2.2.1.6	Barragem tipo Ambursen	10
2.2.1.7	Desvio do rio	11
2.2.1.8	Vertedouro	11
2.2.2.	Tomada d' Água.....	12
2.2.2.1	Grades	13
2.2.2.2	Comportas	13
2.2.2.3	Desarenador	14
2.2.3	Sistema de Adução d' água	15
2.2.3.1	Extravasor.....	16
2.2.4	Câmara de Carga (Castelo d' água)	16
2.2.5	Tubulação Forçada	17
2.2.5.1	Blocos de apoio e de ancoragem.....	17
2.2.5.2	Junta de dilatação.....	18
2.2.5.3	Válvula de gavetas.....	18
2.2.6	Componentes da Casa de Máquinas.....	18
2.2.6.1	Turbina.....	19
2.2.6.2	Gerador.....	23
2.2.6.3	Sistema de controle de tensão e de frequência	24
2.2.6.4	Volante de inércia	26
2.2.6.5	Painel de controle	26
2.2.7	Linha de Transmissão.....	27

2.3	Procedimentos Legais para Implantação de Microcentrais Hidrelétricas no Estado do Paraná	28
2.3.1	Outorga prévia e de direito.....	29
2.3.2	O processo de registro.....	30
2.3.3	O Licenciamento Ambiental	30
2.3.3.1	Licença Prévia - LP	32
2.3.3.2	Licença de Instalação - LI	33
2.3.3.3	Licença de Operação - LO	34
2.4	Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Estado do Paraná	37
2.5	Determinação da Vazão (Q) do Curso d' Água.....	38
2.6	Potência Aproveitável ou Disponível.....	39
2.7	Unidade Geradora	40
3.	METODOLOGIA	41
3.1	Local para Instalação das Microcentrais Hidrelétricas	41
3.2	Determinação da Altura da Queda d' Água.....	41
3.3	Determinação da vazão (Q).....	41
3.4	Determinação da Potência Aproveitável ou Disponível	42
3.5	Escolha da Turbina	42
3.5.1	Escolha das turbinas através de consulta a empresas especializadas	43
3.6	Escolha do Gerador	44
3.6.1	Escolha dos geradores através de consulta a empresas especializadas	45
3.7	Escolha do disjuntor de proteção.....	45
3.8	Determinação da Demanda	46
3.9	Determinação da Potência a ser Gerada	48
3.9.1	Como proceder quando a Vazão requerida (Qr) for inferior a vazão disponível(Q).....	48
4.	RESULTADOS	50
4.1	Determinação das Alturas das Quedas d' Água	50
4.2	Estimativa das Vazões dos Cursos d' Água.....	50

4.3	Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do RIBEIRÃO BOLIVAR.....	54
4.3.1	Determinação da potência aproveitável ou disponível da queda d' água do RIBEIRÃO BOLIVAR.....	55
4.3.2	Escolha da turbina	56
4.3.3	Escolha do gerador	56
4.3.4	Escolha do regulador	57
4.3.5	Escolha do disjuntor de proteção.....	57
4.3.6	Determinação da demanda.....	57
4.3.7	Determinação da potência a ser gerada	59
4.3.8	Vazão Requerida (Qr) e Vazão Disponível	60
4.3.9	Linha de transmissão da microcentral do Ribeirão Bolivar	60
4.3.10	Produção e consumo de energia elétrica e benefício da implantação da microcentral Ribeirão Bolivar.....	60
4.4	Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do RIBEIRÃO CRISTALINO.....	62
4.4.1	Determinação da potência aproveitável ou disponível da queda d' água do RIBEIRÃO CRISTALINO.....	63
4.4.2	Escolha da turbina	64
4.4.3	Escolha do gerador	64
4.4.4	Escolha do regulador	65
4.4.5	Escolha do disjuntor de proteção.....	65
4.4.6	Determinação da demanda.....	65
4.4.7	Determinação da potência a ser gerada	68
4.4.8	Vazão Requerida (Qr) e Vazão Disponível	69
4.4.9	Linha de transmissão da microcentral do Ribeirão Cristalino	69
4.4.10	Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Ribeirão Cristalino.....	70
4.5	Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do CÓRREGO TABOÃO.....	71
4.5.1	Determinação da potência aproveitável ou disponível da Queda d' água do CÓRREGO TABOÃO	72
4.5.2	Escolha da turbina	73
4.5.3	Escolha do gerador.....	73

4.5.4	Escolha do regulador	74
4.5.5	Escolha do disjuntor de proteção.....	74
4.5.6	Determinação da demanda.....	74
4.5.7	Determinação da potência a ser gerada	75
4.5.8	Vazão Requerida (Qr) e Vazão Disponível	76
4.5.9	Linha de transmissão da microcentral do Córrego Taboão.....	76
4.5.10	Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentra Córrego Taboão.....	77
4.6	Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do CÓRREGO SAPEZAL.....	78
4.6.1	Determinação da potência aproveitável ou disponível da queda d' água do CÓRREGO SAPEZAL.....	79
4.6.2	Escolha da turbina	80
4.6.3	Escolha do gerador.....	80
4.6.4	Escolha do regulador	81
4.6.5	Escolha do disjuntor de proteção.....	81
4.6.6	Determinação da demanda.....	81
4.6.7	Determinação da potência a ser gerada	83
4.6.8	Vazão Requerida (Qr) e Vazão Disponível	83
4.6.9	Linha de transmissão da microcentral do Córrego Sapezal.....	84
4.6.10	Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Córrego Sapezal.....	84
4.7	Possíveis Intervenções e Impactos Ambientais nos Locais de Implantação das Microcentrais Hidrelétricas.....	85
5	DISCUSSÃO	87
5.1	Escolha da Turbina e do Gerador	87
5.2	Demanda, Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador e a Potência Requerida pela Propriedade	88
5.3	Controle de tensão e frequência	90
5.4	Impactos ambientais	90
5	CONCLUSÕES GERAIS	92

REFERÊNCIAS	94
APÊNDICES	97
APÊNDICE A – Levantamentos Topográficos Altimétricos	98
APÊNDICE B – Plantas das Bacias Hidrográficas dos Corpos d' Água Estudados	103
APÊNDICE C - Demandas de Energia Elétrica nas Propriedades Estudadas.....	106

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração hidráulica responde por 70,1% da oferta interna. Do lado do consumo, o setor residencial apresentou crescimento de 2,1%. O setor industrial registrou uma ligeira alta de 0,3% no consumo elétrico em relação ao ano anterior. Os demais setores – público, agropecuário, comercial e transportes – quando analisados em bloco apresentaram variação positiva de 6,9% em relação ao ano anterior. O setor energético cresceu 12,7%. Em 2012, com acréscimo de aproximadamente 3,8 GW, a capacidade instalada das centrais de geração de energia elétrica no Brasil alcançou 120.973 MW, na soma das centrais de serviço público e autoprodutoras (BEN, 2013).

Dentre as fontes renováveis, a energia solar, a energia eólica, a energia de biomassa e a energia hidrelétrica apresentam razoável desenvolvimento tecnológico a ponto de serem consideradas, a curto e médio prazo, na resolução de problemas de oferta de energia (BELUCO. A., 1994).

A utilização de energia elétrica no meio rural representa um dos processos mais importantes a serem incentivados no Brasil, pois é fato que a eletrificação rural é fundamental para levar adiante programas de desenvolvimento de uma região. Dessa forma, ela deve ser vista não só como um fator capaz de aumentar a produtividade no campo, permitindo a melhoria das condições de trabalho, mas também elevando as condições de vida do homem no meio rural (VIANA. F.G, VIANA, A.N.C., 2004).

Uma das formas ambientalmente corretas de se produzir energia elétrica é através das chamadas microcentrais hidrelétricas. Nas menores centrais deste tipo a turbina pode ter apenas alguns centímetros de diâmetro, e se constitui de conchas presas em torno do centro de uma roda. Esta roda é montada em um eixo que gira quando um jato d' água é dirigido às conchas. Nas microcentrais maiores as turbinas são similares às das grandes centrais, porém com dimensões muitíssimo menores, e podem gerar energia suficiente para alimentação de cargas de uma fazenda ou até de pequenas comunidades (STANO JÚNIOR, 2007).

As microcentrais produzem impacto ambiental muito reduzido, são de fácil operação e exigem pouca manutenção, além de apresentarem elevada vida útil. Embora seu custo de instalação possa ser superior ao de outras opções, como por exemplo, grupos geradores diesel, o fato de não ser necessário nenhum combustível e baixa manutenção permitem um rápido retorno do investimento, principalmente nos casos em que a energia é utilizada em um processo produtivo qualquer. Os fabricantes brasileiros possuem tecnologia e capacidade adequada para fabricação de todos os componentes das microcentrais, a custos competitivos. Por esses e outros motivos, as microcentrais são uma opção interessante para o fornecimento de energia elétrica para locais isolados e áreas rurais (NOGUEIRA,F.J.H., 2007).

Dentro deste contexto, a produção de energia elétrica, principalmente através de formas ambientalmente menos impactantes e em pequena escala, podem contribuir de forma econômico sustentável com a rentabilidade dos produtores rurais beneficiados. Diante disso este trabalho tem como objetivo trazer informações sobre a avaliação da implantação de microcentrais hidrelétricas em propriedades rurais, aproveitando as quedas d' água disponíveis, assim como verificar a quantidade de informações e os marcos legais atuais disponíveis para a implantação de projetos nesta área de micro aproveitamento hidrelétrico. Para tanto empregou-se quatro situações específicas na região de Cianorte/PR, para o estudo de seus potenciais hidroelétricos e, com isso disponibilizar informações acessíveis aos interessados neste tipo de empreendimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Uso da Energia Hidráulica em Pequena Escala

Em muitos países, entre eles o Brasil, existe uma necessidade crescente de fornecimento de energia para áreas rurais, tanto para abastecimento de eletricidade como para apoio às atividades produtivas. Pequenos aproveitamentos hidrelétricos para eletrificação de áreas rurais podem trazer vários benefícios potenciais. Além dos impactos ambientais, sociais e de saúde dos combustíveis tradicionais que são evitados pela eletricidade, benefícios econômicos diretos resultam do uso da eletricidade em aplicações produtivas, como irrigação, processamento de colheitas e preservação de alimentos (TIAGO FILHO.G.L., 2008).

A energia hidrelétrica, dentro das limitações hidrológicas do local aproveitado, é uma energia bastante constante e confiável. Os equipamentos empregados são de tecnologia relativamente simples e de fácil operação, permitindo que a energia seja rapidamente colocada em disponibilidade. Os aproveitamentos energéticos são pouco agressivos ao meio ambiente e apresentam custos competitivos, pois, apesar de apresentar altos custos iniciais de instalação, compensam esta característica com baixos custos operacionais e longa vida útil. (BELUCO.A.,1994).

A ELETROBRÁS (2010) elaborou as Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas; onde classifica as PCH's quanto à potência e quanto à queda de projeto, conforme a Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Classificação das PCH's.

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

PEQUENAS	1.000 < P < 30.000	H _d < 25	25 < H _d < 130	H _d > 130
----------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------

Fonte: Eletrobrás, 2010.

A energia renovável precisa ser usada como principal ferramenta de contribuição para o desenvolvimento sustentável nas regiões menos desenvolvidas do mundo. As microcentrais são uma fonte de energia renovável e apropriada para eletrificação de áreas rurais nos países em desenvolvimento. É uma tecnologia confiável, podendo operar conectada ao sistema elétrico ou de forma isolada, contribuindo adequadamente para as necessidades de energia de países em desenvolvimento. Além disso, a substituição de fontes convencionais de energia (lenha para cozimento, geradores diesel, lampiões), por energias renováveis como microcentrais ajuda na redução da emissão de CO₂. Isso contribui para mitigação das mudanças climáticas e também para diminuição da pobreza e aumento do desenvolvimento econômico através do suprimento da necessidade de energia para iluminação, bombeamento de água e operação de pequenas unidades produtivas (TIAGO FILHO.G.L., 2008).

Dentre as usinas de pequeno porte, as microcentrais hidrelétricas, apresentam características particulares que, quando comparadas as minicentraís hidrelétricas e as pequenas centrais hidrelétricas (e mesmo às centrais hidrelétricas maiores), podem mostrar-se especialmente vantajosas tanto em situações que exijam produção isolada de energia como em apoio a expansão do sistema energético. Essas são, principalmente, o menor tempo de execução de um empreendimento, do projeto e construção ao início das operações, e a simplificação das obras civis, com possibilidade de emprego de pequenas construtoras e operários da região. (BELUCO. A.,1994).

Além disso, as microcentrais hidrelétricas operam normalmente a fio d' água, situação em que os reservatórios são pequenos ou mesmo inexistentes, resultando em um impacto ambiental reduzido. Há no entanto, a necessidade de existência do potencial hidráulico em local próximo às cargas, já que, do contrário, o custo da linha de distribuição (ou mini rede) aumenta, inviabilizando a implantação (TIAGO FILHO.G.L., 2008).

O prazo de construção de uma microcentral é estimado em, no

máximo, dez ou doze meses, que é equivalente à metade do exigido para a construção de uma minicentral e realmente exíguo quando comparado à estimativas de quase uma década para as grandes centrais. A potência disponível será menor, mas será fornecida em pouco tempo, com encargos de transmissão menores e com financiamento mais simples, características estas que equiparam a perda em escala do empreendimento (BELUCO.A.,1994).

Segundo (NOGUEIRA.F.J.H.,2007); Se as condições topográficas e hidrológicas forem adequadas, a construção de uma microcentral hidrelétrica justifica-se em diversas situações, destacando-se os seguintes casos:

- Nas propriedades que se encontram localizadas distantes das redes de distribuição de eletricidade das concessionárias, em função de que o custo para construção da rede pode ser proibitivo;
- Nas fazendas onde o consumo de energia elétrica é elevado e eventualmente a rede existente não suporte a expansão do consumo de energia;
- Nas propriedades onde se necessite abastecimento em rede trifásica e a concessionária só atente em rede monofásica. A vantagem das linhas trifásicas é a de permitirem o acionamento de motores trifásicos, que são mais baratos que os monofásicos, demandam menores custos de manutenção e são encontrados com maiores potências;
- Para atender a povoados e comunidades rurais, cujos habitantes possuem baixa qualidade de vida que ainda não tenham atendimento de energia elétrica ou sua ampliação não seja possível;
- Para a inserção social, com uso da energia na melhoria das condições das atividades produtivas de uma fazenda ou de uma comunidade, o que permite maior produtividade, podendo se tornar importante diferencial no ganho de competitividade de produção;
- Para atendimento a programas de universalização do uso da energia elétrica, etc.

2.2. Elementos que Compõem uma Microcentral Hidrelétrica

2.2.1. Sistemas de captação de água

A captação, como o próprio nome diz, refere-se ao local (fonte) de onde a água será retirada. Portanto, a captação refere-se ao desvio da vazão da água de uma determinada fonte, na quantidade necessária, para movimentar a turbina de uma microusina. A captação poderá ser feita diretamente da fonte (leito de um rio) ou pela construção de uma barragem, quando a vazão do rio apresentar variações significativas durante o dia (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.1.1. Captação de água diretamente de rios

Nesses casos, os rios precisam ser do tipo perene e não apresentar variações consideráveis durante o dia. São chamados de perenes aqueles rios que apresentam escoamento durante todo o ano, sem interrupção, independente da estação da seca. Além disso, será preciso certificar-se de que a vazão na estação da seca seja suficiente para movimentar a turbina da microusina (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.1.2. Captação de água de barragens

Nos casos em que o nível do curso d' água apresenta variações consideráveis durante o dia, será necessário construir pequenas barragens, para que a quantidade de água desviada para o canal ou tubulação mantenha-se praticamente constante. Assim, quando a vazão do rio diminuir, a barragem terá a função de manter a água represada para ser lançada no canal ou tubulação, sempre no volume requerido para movimentar a turbina. Caso contrário, ou seja, quando a

vazão do rio for maior que a requerida para movimentar a turbina da microcentral, o volume excedente será devolvido ao rio, passando pelo vertedouro da barragem (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010).

A barragem tem altura reduzida e geralmente é construída em trechos encachoeirados do rio, onde já existe uma variação de cotas de fundo entre o início e o final do trecho, que permita o aproveitamento da queda natural para produzir a energia desejada. No caso de microcentrais, a altura da barragem prevista é da ordem de 3 metros (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

2.2.1.3. Barragem de terra

As barragens de terra são as estruturas mais usuais para contenção de água e formação de reservatórios, embora nas microcentrais hidrelétricas o seu emprego não chegue a ser generalizado (BALARIM, C.R., 1996).

Este tipo de barragem é apropriado para locais onde haja grande disponibilidade de solo argiloso ou areno-siltoso/argiloso, além de facilidade de situar o vertedouro em uma das margens, utilizando o solo escavado no canal de adução e no vertedouro para construção da barragem, evitando sempre que possível o bota-fora de material (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Ainda de acordo com (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985); Para que a barragem de terra seja adotada para o aproveitamento, o local deverá possuir as características básicas, a seguir relacionadas:

- 1) É desejável que a localização das áreas de empréstimo e pedreiras, adequadas para construção da barragem, de modo a facilitar o transporte do material, se localizem topograficamente em cotas superiores às do local da barragem;
- 2) Possibilidade de posicionamento do vertedouro fora do corpo da barragem, utilizando-se favoravelmente às condições topográficas, dirigindo-se as águas lateralmente, contornando a barragem;
- 3) Facilidade de localização do vertedouro, de modo a evitar correntes com altas velocidades ao longo do talude de montante da barragem;
- 4) Estabilidade e confiabilidade das fundações sob a barragem;

5) Possibilidade, para diminuição dos volumes de materiais de construção, da barragem ser construída no local mais estreito do rio, com eixo longitudinal perpendicular às ombreiras;

6) Margens do reservatório nem muito íngremes nem muito suaves pois, no primeiro caso, pode haver escorregamentos e, no segundo, a existência de grandes áreas com pouca profundidade e águas paradas, o que permite a proliferação de mosquitos e outros organismos;

7) A montante do local de construção da barragem não devem existir desbarrancamentos e, caso existam, devem ser estabilizados;

8) Possibilidade de, nos procedimentos para escolha dos processos construtivos, as alternativas do conjunto barragem / desvio do rio e a compatibilização das demais estruturas componentes do aproveitamento serem otimizadas no que diz respeito ao balanceamento de materiais de construção, respeitados os aspectos geotécnicos dos mesmos.

O tipo de barragem de terra é geralmente escolhido em função do volume e qualidade dos materiais existentes no local, dos processos construtivos a serem utilizados e dos solos que constituem as fundações no local da barragem. Sempre que possível, devem ser utilizados no corpo da barragem materiais escavados para construção do vertedouro, do canal de adução e da casa de máquinas ou outras escavações obrigatórias. Se no local da barragem existirem quantidades suficientes de solo argiloso ou solo areno-siltoso/ argiloso e houver escassez de blocos de rocha, a barragem homogênea é a mais recomendada, por ser a mais simples e prática, em termos construtivos.

Uma vez que a finalidade da barragem, no caso em pauta, é criar um desnível hidráulico, não sendo preponderante a acumulação de água no reservatório para regularização da vazão do rio, as exigências de permeabilidade do corpo da barragem e das fundações são pouco rigorosas, devendo ser evitado apenas que a água que se infiltra pela barragem tenha altas velocidades e possa erodir o corpo da mesma ou suas fundações.

2.2.1.4. Barragem de alvenaria de pedra argamassada

As barragens de alvenaria de pedra argamassada são recomendáveis para vales relativamente estreitos, onde o represamento requer pouca altura, com boas fundações e onde a construção de um canal extravasor lateral é problemática. A largura do vale deve situar-se em torno dos 100 metros, com altura da barragem com cerca de 3 metros, fundações em rocha e encostas íngremes e rochosas ou com rocha situada a pouca profundidade. A decisão de construir, ainda nesses casos, uma barragem de alvenaria de pedra argamassada ou de concreto, deve ser tomada após comparação com base em: condições locais, dimensões e tempo de construção (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

A barragem deverá ter dimensões e taludes que lhe deem estabilidade. A estabilidade da barragem é verificada para o reservatório na cota de cheia máxima. Normalmente, o uso desses materiais se viabiliza em aproveitamentos onde os vales são estreitos, impossibilitando a construção de um vertedouro de dimensões suficientes para a cheia máxima, tornando necessário que a barragem seja galgável, isto é, permita que a água passe sobre ela. A barragem de alvenaria e de pedra argamassada permite a construção do vertedouro (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C., 2010).

O Manual de Microcentrais Hidrelétricas (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985), recomenda que, embora a construção de uma barragem de alvenaria de pedra argamassada seja mais demorada que a de uma barragem de concreto, nas regiões ricas em pedra e para barragens com pouco volume de material, a solução em alvenaria pode vir a ser mais econômica. Para ser viável a adoção de barragem de pedra argamassada, o local escolhido para o aproveitamento deve ter as seguintes características:

- Disponibilidade, nas proximidades do local, de pedras em quantidade suficiente, com dimensões de 15 cm a 30 cm, forma semi-regular, com pelo menos duas faces paralelas;
- Facilidade em conseguir areia e cimento na região;
- A largura do vale na cota da crista da barragem deve ser a menor existente no trecho do curso d' água em que se deseja instalar o aproveitamento;

- As ombreiras ou encostas e as fundações devem ser resistentes, de preferência de rocha pouco fraturada. Se a fundação for recoberta por uma camada de aluvião esta não deve ser muito espessa, ou seja, deve ser de, no máximo 1 metro a 2 metros, visto ser necessária a sua remoção; caso contrário é preferível construir barragem de terra;

- Disponibilidade de acessos para transporte do material e equipamentos, ou facilidade para construção dos mesmos.

2.2.1.5. Barragem de madeira

As barragens de madeira também são bastante utilizadas em locais onde há disponibilidade desse material na propriedade. Elas são simples, e de fácil construção. As barragens de madeira podem ser feitas em pranchões de madeira. As fendas entre as pranchas devem ser vedadas com uma mistura de argila, areia e pó de serragem. As tábuas devem ser enterradas no leito do rio a uma profundidade mínima de 50 cm. A altura máxima para esse tipo de barragem é de 3,0 m. As barragens de madeira também podem ser construídas com troncos, tábuas e pedras de cantareira. Para se fazer a vedação no pé da barragem, faz-se uma capa de argila e pedra de mão nos dois lados da mesma (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010).

2.2.1.6. Barragem tipo Ambursen

A barragem do tipo Ambursen consiste de uma estrutura aliviada, em que a estabilidade é assegurada pelo peso da água sobre o paramento inclinado, de madeira ou eventualmente de peças pré-moldadas de concreto armado, que transmite os esforços à fundação através dos contrafortes de concreto ou alvenaria de pedra argamassada. As pranchas de madeira são encaixadas em ranhuras existentes nas faces laterais dos contrafortes. Possui um trecho central rebaixado, o vertedouro, geralmente coincidente com a parte central da calha do rio, destinado permitir a passagem das águas excedentes do reservatório. Este tipo de

barragem é recomendável para vales relativamente estreitos, com cerca de 100 metros de largura, onde o represamento requer alturas em torno de 3 metros, com boas fundações em rocha pouco fraturada, e onde a construção de um canal extravasor lateral é problemática devido a encostas íngremes e rochosas (ELETROBRÁS & DNAEE., 1985).

Este tipo de barragem é totalmente galgável, isto é, permite a passagem da água sobre a sua estrutura. Tal como a barragem de madeira, as frestas das tábuas são vedadas com uma mistura de argila, areia e pó de serragem. Sua estrutura é leve, e é fácil de construir (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.1.7. Desvio do rio

Por ocasião da construção da barragem faz-se necessária a construção de uma estrutura para desviar as águas do rio. Isso pode ser feito com sacos de areia, ensecadeiras (barragem provisória feita com sacos de terra ou areia). Esse tipo de ensecadeira é construído por partes. Primeiro desvia-se uma parte do rio e constrói-se a primeira parte da barragem, que é a Fase 1. Na segunda fase, a ensecadeira é construída na outra margem, de forma a permitir a construção da segunda parte da barragem, constituindo, assim, a Fase 2. Também se pode utilizar tubos de cimento ou de aço para o desvio do rio. Nesse caso, coloca-se no rio um ou mais tubos, de modo a dar passagem das águas do rio por ocasião da construção da barragem; o diâmetro dos tubos depende da vazão do rio (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C., 2010).

2.2.1.8. Vertedouro

Toda barragem, galgável ou não deve possuir um dispositivo que permita o escoamento do excesso de água por ocasião das chuvas, ao qual se dá o nome de vertedor, ou vertedouro ou, ainda, sangradouro. Se a barragem for do tipo não galgável, que é o caso das de terra, o vertedouro deve-se localizar na lateral da

barragem, posicionado de forma a não prejudicar a estrutura por ocasião do escoamento da água. No caso de barragem galgável, como as de madeira, de alvenaria e de concreto o vertedouro pode se localizar no próprio corpo da barragem. De forma a atenuar o impacto da água ao pé da barragem, próximo a jusante do vertedouro constrói-se uma bacia de dissipação de água (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010).

2.2.2. Tomada d' Água

A captação, no rio, da descarga de água necessária à movimentação da turbina é efetuada por uma estrutura denominada tomada d' água. A tomada d' água pode ser ligada diretamente à tubulação forçada que leva a água à máquina ou, dependendo da topografia do local, pode descarregar a água captada em um canal aberto de adução ou em uma tubulação de baixa pressão que transportará a água até o local mais adequado para a implantação da tubulação forçada. No caso de se optar por um canal de adução, no final deste, na entrada da tubulação forçada, será instalada uma outra estrutura, semelhante à tomada d' água, que recebe a denominação de câmara de carga (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

De acordo com o Manual de Microcentrais Hidrelétricas (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985); a tomada d' água tem as duas seguintes funções:

- Controle da adução das vazões pela tubulação forçada, canal de adução ou tubulação de baixa pressão, permitindo o seu ensecamento para manutenção e eventuais reparos.

- Retenção de corpos flutuantes e de material sólido (sedimentos) transportados pelo escoamento.

Quando a vazão de adução for pequena, até 100 litros/segundo aproximadamente, a estrutura da tomada d' água pode ser a do tipo da câmara de carga projetada. Neste tipo há uma parede divisória, entre a câmara de carga do desarenador e a caixa de captação da tubulação forçada, com uma altura máxima que dê uma área de escoamento, sobre essa parede, compatível com uma velocidade máxima da água de 1 m/s. Nesta estrutura não há necessidade da instalação de uma comporta, que fica substituída por pranchões colocados no topo

da mencionada parede divisória (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

A função da tomada d' água é fazer a transição entre o rio ou barragem, responsáveis pela captação da água, e o sistema de adução da água. A tomada d' água é constituída pelas grades, comportas e "stop logs" e desarenador (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C., 2010).

2.2.2.1. Grades

Ao entrar na tomada d' água, normalmente, a água carrega vários tipos de impurezas, como folhas e galhos. Dependendo das dimensões e da rigidez, essas impurezas que, porventura, alcançarem a casa de máquinas, poderão prejudicar o rendimento ou danificar a turbina. Para evitar que isso aconteça, logo após o ponto de captação da água e antes da comporta, instalam-se grades removíveis para reter: folhas, galhos, troncos, animais mortos carreados pela água, principalmente na época das cheias. As grades devem ser instaladas de tal modo que formem, com a horizontal e considerando o sentido do fluxo d' água, um ângulo de 60° a 75°. Podem ser construídas com hastes metálicas, do tipo galvanizado, ou de madeira de lei. O espaçamento entre as barras das grades deverá ser em torno de 2,0 cm. (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C., 2010).

2.2.2.2. Comportas

Após as grades, são instaladas na tomada d' água as comportas, que são estruturas utilizadas para fazer o controle da vazão a ser conduzida pelo canal, além de facilitarem eventuais trabalhos de manutenção na tomada d' água. Portanto, a função das comportas nas microusinas é de regular a quantidade de água que passa pela turbina, fazendo-a girar com maior ou menor velocidade, proporcionando maior ou menor produção de energia, de acordo com a necessidade. Elas operam com pressão frontal e a vedação é obtida pelo contato da superfície da comporta com o perfil metálico da guia ou por uma borracha do tipo

nota musical. As operações de abertura e fechamento podem ser manual ou motorizada. Para manobrá-las, utiliza-se uma haste de aço rosqueada. No início da haste, existe um volante que fica apoiado em um mancal e parafusado na travessa superior da armação. As comportas podem ser do tipo gaveta e construídas em chapas de aço galvanizado ou de madeira, ou de ferro fundido. A escolha entre um desses materiais deverá ser feita em função da disponibilidade e da mão-de-obra existentes nas proximidades do local de implantação da microusina. Mas, sempre que possível, deve-se utilizar comportas de chapas de aço equipadas com volante de acionamento (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.2.3. Desarenador

O desarenador é uma estrutura simples, construída no início do canal, de modo a diminuir a velocidade de escoamento e permitir que os sólidos como areia, pedra e outros materiais em suspensão na água, que possam prejudicar as pás do rotor da turbina, acomodem-se no fundo. Portanto, ele tem a função de criar uma zona de baixa velocidade da água, permitindo assim que a areia bem como outras partículas em suspensão na água fiquem retidas. O desarenador, nada mais é que um alargamento de uma parte do canal, o que causa uma redução da velocidade da água que, por sua vez, faz com que as impurezas fiquem retidas em seu interior. O piso é construído de forma inclinada. No seu extremo, é colocada uma comporta desarenadora que, periodicamente, é aberta e, com a própria força da água, expulsa a areia e outros sólidos retidos no fundo. O dimensionamento do desarenador é feito de acordo com a vazão do canal, geralmente ficando entre 2,0 e 5,0 metros de comprimento. Ele deverá ser construído imediatamente após a comporta de controle de fluxo e a grade, possuindo uma largura em torno de duas vezes a largura do canal (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.3. Sistema de Adução d' Água

A adução refere-se à forma como a água será conduzida desde a tomada d' água, até a casa de máquinas. O sistema de adução de água poderá ser representado por uma tubulação forçada ou um canal aberto (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Nos casos dos aproveitamentos por derivação, quando é aproveitada a conformação topográfica de uma queda natural e a barragem tem por objetivo apenas garantir o afogamento da boca da estrutura de captação, torna-se geralmente necessária a utilização de um canal de adução ou de uma tubulação ligando a tomada d' água de captação até a câmara de carga, a qual por sua vez acopla-se à tubulação forçada. A declividade do canal de adução deve ser mínima e constante, sendo fixada de forma prática em 0,4 / 1.000, ou seja, o fundo do canal deve descer em torno de 4 mm em cada 10 metros de extensão. O canal de adução em geral deve desenvolver-se acompanhando os contornos de uma determinada curva de nível do terreno. Dependendo da geologia do local, o canal de adução pode ser construído em solo natural (ou rocha, se for o caso) ou revestido com enrocamento, pedra argamassada, concreto ou outro material, sendo que a escolha da solução mais adequada deve basear-se na comparação dos custos entre alternativas a serem fixadas (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Os canais revestidos apresentam maior custo de implantação, mas, por outro lado, possuem menor custo de manutenção e menores perdas de carga. A velocidade da água dentro do canal depende, fundamentalmente, do tipo de revestimento. Para canais de terra, sem revestimento, pode-se adotar uma velocidade de água igual a 0,5 m/s; já para canais revestidos, essa velocidade poderá ser adotada como sendo igual a 0,6 m/s. A borda do canal deve ter o mesmo nível do reservatório. Isso evita que a água transborde, quando a microusina estiver parada (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.3.1. Extravasor

O canal de adução deverá ser dotado de um extravasor lateral que permita o vertimento, com segurança, de excessos de descarga de pequena monta devido à ocorrência de oscilações de nível d' água. Este extravasor deve ser instalado o mais próximo possível da câmara de carga e de preferência, fazer escoar o excesso da vazão por um talvegue natural, que deverá ser protegido por pedras de mão (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Deve-se ter o cuidado para que a água extravasada seja escoada de volta ao rio, evitando que provoque erosão nas fundações da câmara de carga, nos blocos de ancoragem da tubulação forçada ou de outra estrutura qualquer do sistema. Para isso, faz-se necessária a construção de um canal de restituição, cimentado ou com pedras de mão, que amortecça o impacto da água e a conduza ao rio (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

2.2.4. Câmara de Carga (Castelo d' água)

Dependendo das condições topogeológicas do terreno, a tomada d' água, que capta no rio a água necessária para movimentar a turbina, pode-se descarregar a água em um canal aberto de adução ou em uma tubulação de baixa pressão, que conduzem a água até o ponto mais conveniente para a instalação da tubulação forçada. Quando a solução escolhida for um canal a céu aberto de adução, a transição entre o canal e a tubulação forçada é efetuada através de uma estrutura semelhante à tomada d' água, chamada câmara de carga ou, popularmente, castelo d' água (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Portanto, ela tem a função de receber a água do canal e conduzi-la para a tubulação forçada que, por sua vez, conduzirá a água captada até a casa de máquinas, onde se localizam a turbina e o gerador. A borda superior da câmara de carga deve ficar a aproximadamente 0,3 metros acima do nível da água do reservatório. As características construtivas e o dimensionamento da câmara de carga, bem como dos seus componentes são iguais as das tomadas d' água (TIAGO

FILHO,G.L., VIANA.A.N.C., 2010).

2.2.5. Tubulação Forçada

Dois tipos de tubulação são usados nos projetos de centrais hidrelétricas: tubulação em baixa e tubulação em alta pressão ou forçada. Sempre que for possível, por motivo de economia, deve ser utilizado um canal a céu aberto para conduzir a água desde as tomada d' água junto ao rio até a câmara de carga. Todavia, quanto as condições topográficas e/ ou geológicas não forem favoráveis à construção de um canal a céu aberto, o recurso é levar a água através de uma tubulação em baixa pressão, que tem a função de transferir a carga, sob o princípio dos "vasos comunicantes". Quando for necessária a utilização de uma tubulação em baixa pressão, a câmara de carga deve ter uma altura pelo menos igual à altura da tomada d' água. Já para conduzir a água entre a câmara de carga e a turbina na casa de máquinas, sempre será necessário uma tubulação submetida a uma maior pressão, por isso chamada de tubulação forçada (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Essa tubulação, denominada forçada, fica submetida a maior pressão e deverá ser de aço, ferro fundido ou de concreto armado (TIAGO FILHO,G.L.T, VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.5.1. Blocos de apoio e de ancoragem

No caso de a tubulação forçada ser de concreto, o ideal é assentá-los em uma vala escavada no solo. No caso de a tubulação ser de aço, faz-se necessária que a mesma instalação seja aérea. A tubulação deve ser assentada sobre blocos de apoio, espaçados de uma distância adequada, calculada em função do diâmetro, espessura da parede e material com que é fabricado o tubo. A distância mínima entre o fundo do tubo e a superfície do terreno é 30 cm. Os blocos de apoio além de suportarem o peso do tubo têm a função de permitirem o deslizamento do mesmo em função da dilatação térmica. Para isso, é importante colocar entre o tubo

e o bloco de apoio uma camada de papelão grafitado (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.5.2. Junta de dilatação

As tubulações aéreas, isto é, instaladas sobre blocos de apoio e de ancoragem, expostas ao tempo, sofrem dilatações com as mudanças de temperatura ao longo do dia, produzindo grandes esforços nos tubos e nos blocos. Para minimizar esse efeito, lançam-se mão das juntas de dilatação, geralmente construídas na forma telescópica. Trata-se de uma bolsa e ponta distantes uma da outra o suficiente para absorver as dilatações. A vedação é feita com gaxetas. De preferência, as juntas de dilatação devem ser instaladas junto aos blocos de ancoragem de montante (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.5.3. Válvula de gaveta

Uma válvula de gaveta ou tipo borboleta deverá ser instalada no final da tubulação forçada para permitir interrupção do fluxo de água, quando for necessário fazer manutenções na turbina ou em outros componentes ligados a ela (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.6. Componentes da Casa de Máquinas

A casa de máquinas é a edificação que abriga os grupos geradores destinados à produção de energia elétrica, bem como os equipamentos auxiliares necessários ao funcionamento da central hidrelétrica (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

É no interior da casa de máquinas que estão abrigados a turbina, o

gerador (ou moinho ou qualquer outro equipamento) e o sistema de comando e controle. Normalmente a casa de máquinas deve ficar situada um pouco acima do nível de cheia do rio. Em centrais muito pequenas (abaixo de 1 kW) a casa de força geralmente possui o formato de uma caixa com uma tampa removível (NOGUEIRA.F.J.H, 2007).

2.2.6.1. Turbina

É ela a responsável pela transformação da energia hidráulica em energia mecânica que é utilizada para acionar o gerador, através do giro do seu eixo. Uma turbina é, basicamente, constituída por uma parte externa, tecnicamente chamada de caixa espiral, e em seu interior existe um rotor equipado com pás. Assim, a água que é conduzida pela tubulação e sob pressão, a partir da câmara de carga, atinge o interior da turbina e incide sobre as pás do rotor, fazendo com que ele gire juntamente com o seu eixo (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Conforme (NOGUEIRA.F.J.H, 2007). Basicamente as turbinas hidráulicas, sendo elas pequenas ou grandes, são classificadas como turbomáquinas motrizes de fluxo contínuo que operam segundo o princípio da ação ou da reação:

- Turbinas de ação: Nas turbinas de ação, a energia hidráulica disponível é transformada em energia cinética para, depois de incidir nas pás do rotor, transformar-se em mecânica: tudo isto ocorre à pressão atmosférica. Classificam-se como turbinas de ação: as turbinas Pelton com um ou mais jatos, a turbina de Fluxo Cruzado, Michell-Banki, e a turbina Turgo.

- Turbinas de reação: Nas turbinas de reação o rotor é completamente submerso na água. Com o escoamento da água, ocorre uma variação de pressão e de velocidade no escoamento, entre a entrada e a saída do rotor. Uma importante característica das turbinas de reação é o uso do tubo de sucção. O tubo de sucção permite a recuperação de parte da energia cinética da água que deixa o rotor. A soma da energia cinética mais a energia de pressão na saída da turbina é menor quando há o tubo de sucção instalado. São classificadas como turbinas de reação: a Francis, a Hélice e a Kaplan, com suas variantes.

Existem vários tipos de turbinas que poderão ser utilizadas em microcentrais rurais. Todas elas, quando instaladas em uma determinada condição de altura de queda e vazão, gerarão energia. Entretanto, para cada condição específica, existirão tipos de turbinas que são mais eficientes do que outras, permitindo, assim, maior conversão da energia hidráulica disponível em energia elétrica oferecida. Em princípio, procura-se uma turbina que, quando submetida à condição de altura de queda do local onde será instalada, tenha uma rotação o mais próximo possível da rotação do gerador. Mas, nos casos em que a turbina apresentar baixas rotações, a transmissão da mesma para o gerador poderá ser feita por meio de polias ou de multiplicadores de velocidade do tipo engrenagens. (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Turbina Pelton

As turbinas Pelton são máquinas de ação e escoamento tangencial. Operam com altas quedas e baixas vazões. Podem ser de um jato, dois, quatro ou seis jatos e podem ser de eixo horizontal ou vertical. A energia hidráulica é transferida para o rotor pela ação do jato de água que sai do injetor e incide sobre pás bipartidas em forma de cunha. O rendimento é alto, podendo chegar até a 94%. O controle de vazão é realizado por um dispositivo chamado agulha ou injetor. As máquinas podem também possuir defletores de jato. Existem equipamentos pequenos com no máximo dois jatos e equipamentos de eixo vertical com até seis jatos (NOGUEIRA.F.J.H, 2007).

A turbina Pelton é a mais difundida no meio rural do Brasil, uma vez que pode se adequar muito bem em locais que apresentam diferença de nível (queda d' água elevada) e pequena vazão. São indicadas para instalações com grande variação de carga. Seu rotor é formado por várias pás, em forma de dupla concha, as quais são presas ao rotor por dois parafusos. As turbinas Pelton apresentam bons rendimentos na conversão da energia hidráulica em energia mecânica, mesmo nos locais onde a potência elétrica, exigida pelas cargas, sofre grandes variações. Dependendo da vazão de acionamento, pode possuir um ou dois injetores. Em casos de pequenas potências, essas turbinas podem ser constituídas

também por dois rotores, em um único eixo (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Turbina Francis

As turbinas Francis são máquinas de reação, com escoamento radial (lenta e normal) e escoamento misto (rápida). São máquinas ideais para médias vazões e quedas. O controle da vazão é realizado no distribuidor ou sistema de pás móveis. São turbinas rigorosamente centrípetas, que permitem o uso de tubo de sucção e podem alcançar altos rendimentos, da ordem de 85 a 93%, sendo um das mais utilizadas. Elas podem estar inseridas em uma caixa espiral, ou, em instalações de menor porte, sem caixa espiral, em caixas cilíndricas ou em um poço de caixa aberta (NOGUEIRA.F.J.H, 2007).

A turbina Francis é adequada para condições de diferenças de nível média e vazões média. Esse tipo de turbina fornece alto rendimento, principalmente para maiores potências, e quando trabalha com vazão próxima de 85% da vazão de projeto. Quando trabalha com grandes variações de carga e vazão reduzida, apresenta queda de rendimento considerável (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

A turbina Francis é caracterizada por um rotor de pás fixas que recebe o fluxo, na direção radial, e orienta na direção axial para o tubo de sucção, transformando a energia hidráulica disponível em energia mecânica, traduzida pelo torque no eixo. Ela é classificada em função da relação entre os diâmetros de entrada e saída. Diz-se que o rotor é do tipo: Francis lenta quando o diâmetro de entrada é maior que o de saída; Francis normal quando o diâmetro de entrada é igual ao de saída e Francis rápida quando o diâmetro de entrada é menor que o de saída. O tipo do rotor varia de acordo com a relação queda vazão. Quanto maior for a queda e menor for a vazão, mais lento será o rotor. Por outro lado, quanto menor for a queda e maior for a vazão mais rápido será o rotor (TIAGO FILHO,G.L., 2008).

Além disso, elas podem ser do tipo caixa aberta ou caixa espiral. A turbina Francis com caixa aberta é indicada para quedas d' água inferiores a 10 metros e a Francis caixa espiral é indicada para aproveitamento com queda d' água

acima de 10 metros. Ambas apresentam o mesmo tipo de rotor; a diferença básica é que a Francis caixa aberta é instalada em caixa d' água e visa ao atendimento de locais com baixas quedas, porém com grandes vazões. Esse tipo de turbina permite que, com alguns ajustes, o eixo seja instalado na posição vertical, possibilitando que o gerador fique acima do nível máximo da água. Além disso, a sua instalação apresenta custo reduzido por não necessitar de tubulação forçada, e por apresentar concepção simples, por causa da ausência da caixa espiral (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Turbina Michell Banki

A turbina Michell Banki é de impulso, de fluxo cruzado, dotada de uma pá diretriz e um rotor em forma de cilindro formado por pás curvas fixadas em dois discos laterais acoplados a um eixo passante, apoiado em mancais instalados na carcaça. O fluxo d' água oriundo da tubulação de adução é direcionado ao rotor por intermédio de uma pá diretriz e a água, após passar duas vezes pelas pás do rotor, escoar para um canal de fuga (TIAGO FILHO,G.L., 2008).

Na primeira passagem, ele transforma 75% da energia útil; na segunda, os 25% restantes, tal como a Pelton, pode operar em locais com grande variação de carga (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

As turbinas do tipo cross-flow também são conhecidas com turbinas do tipo Banki-Michell em homenagem a seus inventores. São usadas para uma larga escala de quedas e de vazões. Podem ser fabricadas para operar com descargas entre 0,02 m³/s e 10 m³/s e quedas entre 1 e 200 metros (NOGUEIRA.F.J.H, 2007).

Por sua tecnologia simples, pode ser fabricada, com baixo custo, em oficinas e pequenas serralherias. São indicadas para uso em locais com grande variação de carga, oferecendo um rendimento entre 60% e 75%. Ela atende em grande faixa de queda d' água, entre 3,0 e 100 metros e vazões entre 10 e 1.000 l/s (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Turbina hélice

Também chamadas de turbinas propulsoras, são fabricadas com as pás do rotor fixas. Esse tipo de turbina utiliza rotores em hélice, nas quais as palhetas ocupam um posição helicoidal em torno do eixo. São indicadas para os casos de baixas quedas d' água, inferiores a 12 metros e grandes vazões: entre 500 e 10.000 l/s. Podem ser instaladas em caixa espiral aberta ou no concreto, com caixa do tipo semiespiral e do tipo tubular. Dadas as suas características hidrodinâmicas, esse tipo de turbina é indicado para trabalhar a toda carga, não permitindo grandes variações de vazão. São pouco indicados para microusinas rurais, onde há grandes variações de carga durante o dia. São mais indicados para microusinas interligadas com o sistema da concessionária (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.6.2. Gerador

Os geradores são encarregados de transformar a energia mecânica, fornecida pela turbina, em energia elétrica. São máquinas de rendimento elevado, da ordem de 85 a 90% para a faixa de potência das microcentrais. A grande maioria dos geradores utilizados em microcentrais é do tipo síncrono, embora possam ser também utilizados geradores de indução, que na verdade são motores de indução operando como geradores. Nesse caso é necessário acoplar ao motor um banco de capacitores que será responsável pela formação do campo magnético necessário para a geração de energia elétrica. Além disso é necessário um dispositivo que permita o controle da velocidade, normalmente, nesse caso, um regulador de carga (TIAGO FILHO,G.L., 2008).

O gerador pode ser acionado diretamente por meio de um eixo, no qual se encontra acoplado o rotor da turbina, ou possuir acionamento indireto, quando a transmissão é feita por meio de polias e correias. A definição do tipo de acionamento a ser utilizado será feita com base na compatibilidade entre a rotação da turbina e do gerador. O tipo e as características da turbina, a altura de queda e a

vazão de água a serem utilizadas são os parâmetros que permitirão definir a rotação da turbina. Uma vez conhecida a rotação da turbina, para uma determinada situação, faz-se a escolha do gerador. Quando for possível utilizar um gerador e uma turbina com a mesma rotação, o acoplamento poderá ser feito diretamente por meio de um eixo. Mas, quando isso não for possível, será necessário utilizar multiplicador de polias e correias ou redutores por engrenagens. Os geradores utilizados em microusinas podem ser monofásicos ou trifásicos. Os trifásicos, além de cobrir maior faixa de potência, permitem a utilização de motores trifásicos na propriedade, que possuem menor custo, maior rendimento e menor índice de defeitos que os motores monofásicos (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C., 2010).

2.2.6.3. Sistema de controle de tensão e de frequência

Para que a energia elétrica seja de boa qualidade, é necessário manter constante a tensão e a frequência elétrica de geração. Isso é feito, mantendo-se constante a rotação do rotor, na rotação nominal, especificada pelo fabricante, mesmo quando ocorrem grandes variações na demanda de energia elétrica. Para isso, pode-se usar um dispositivo de controle que pode ser um regulador hidráulico ou um controlador eletrônico (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

A automatização em microcentrais hidrelétricas e minicentrais hidrelétricas, basicamente, é composta por um CLP (Controlador Lógico Programável) cuja função lógica monitora a frequência com a qual a energia está sendo gerada e comanda a ação do servomecanismo do regulador de velocidade de rotação do grupo gerador, além de comandar a sua partida e a parada que, por sua vez, também pode ser feita manualmente, por iniciativa do operador. O CLP (Controlador Lógico Programável) também pode ter outras funções, tais como atuar nos demais processos e sistemas da central, como na subestação, na tomada d' água, nos serviços auxiliares etc. Além disso, esse tipo de sistema permite a implantação de um sistema de supervisão do grupo gerador, de forma a monitorar todos os parâmetros importantes da sua operação, como a vazão turbinada, a pressão na entrada da turbina, a potência gerada, a intensidade e tensão da

corrente, temperatura dos mancais, posição de manobra das válvulas, dentre outros, sendo também um meio para o monitoramento remoto da central (TIAGO FILHO,G.L., 2008).

Quando a potência da microcentral for inferior a 20 quilowatts o ideal é que se utilize o “ controlador eletrônico”, o qual funciona com a turbina operando com uma vazão de água constante, mantendo a frequência também constante. Assim, ele transfere parte da carga que está sendo gerada para um conjunto de resistências elétricas que podem ser utilizadas para aquecer água ou o ar. Nos casos de potências superiores a 20 kW, recomenda-se o uso de “reguladores hidromecânicos” que funcionam variando a abertura do distribuidor e, em consequência, ocorre variação da vazão em função da carga elétrica do sistema (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Regulador hidráulico

Atua automaticamente no distribuidor de água, instalado no interior da caixa da turbina, que fica instalado na entrada da caixa espiral. Assim, quando ocorre uma queda de rotação decorrente de maior consumo de energia elétrica, ela será transmitida ao regulador hidráulico, que por sua vez, atua abrindo o distribuidor, fazendo com que ocorra maior entrada de água; suficiente para manter a rotação nominal. Mas, quando ocorre o contrário, ou seja, quando a velocidade de rotação aumenta, por causa de uma redução no consumo de energia, o regulador atua, fechando o distribuidor, reduzindo a entrada de água na turbina, para manter sua rotação constante. Os reguladores hidráulicos, para operarem, absorvem certa quantidade da potência gerada, normalmente, de 10% a 20% do total. Por isso, eles são recomendados para serem utilizados apenas em microusinas, com capacidade de geração acima de 20 quilowatts (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

Controlador eletrônico

Esse elemento é formado por um conjunto de componentes eletrônicos e elétricos (contactores e fusíveis Diazed), que ficam alojados em um quadro no interior da casa de máquinas. Trata-se de um componente importante que possibilita à microusina operar sempre a plena carga, ou seja, quando apenas parte da potência elétrica estiver sendo consumida, o excedente de potência será consumido em um sistema denominado “Carga de Lastro”. Cada contactor é conectado a uma determinada resistência, que deverá ser trifásica, se o sistema elétrico for do tipo trifásico, ou monofásica, quando o sistema for monofásico. Geralmente, utilizam-se resistências industriais, de valores diferentes, instaladas em caixas d’ água residenciais para dissipar o excedente de potência elétrica. O número de resistências instaladas varia de três a cinco unidades de valores diferentes. No quadro, onde o controlador eletrônico encontra-se instalado, existe um contactor elétrico para cada resistência instalada na caixa d’ água. Assim, quando apenas parte da potência elétrica estiver sendo consumida, os contactores atuarão ligando as resistências, permitindo a dissipação da potência elétrica excedente na forma de calor. O valor da potência dissipada, quando as cinco resistências estiverem ligadas, deverá ser praticamente igual à potência total gerada pela microusina. As resistências atuarão como dissipadores do excedente de energia, na forma de calor, aquecendo a água (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.6.4. Volante de inércia

O volante de inércia é um disco de ferro fundido ou de aço com massa relativamente grande, instalado no eixo da turbina, que tem a função de auxiliar no controle da variação de carga. Quando em movimento, a sua massa absorverá pequenas variações de carga, retardando, assim, o efeito da variação de rotação. Quando a transmissão da turbina para o gerador for feita diretamente por meio de um eixo, o volante será acoplado ao eixo. Para os casos em que a transmissão é feita por meio de correias, as polias deverão ser dimensionadas para servir também como volante de inércia. As dimensões do volante deverão ser especificados pelo fabricante da turbina e são calculadas em função do momento de inércia do tempo de fechamento do disbruidor e do tempo hidráulico do sistema

adutor (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.6.5. Painel de controle

Além das máquinas que constituem a unidade de geração de energia elétrica (turbina, gerador e o sistema de controle de tensão e frequência), é indispensável a existência de um painel de controle. No painel de controle, deverá existir um conjunto de instrumentos indicadores. São eles: Um *frequencímetro* (Serve para verificar eventuais variações da frequência elétrica da rede, em relação ao valor padrão, que no Brasil é de 60 Hertz.); Dois *amperímetros* sendo um para cada fase (Têm a função de indicar a corrente elétrica que se encontra fluindo em cada fase, a cada momento.); Um *voltímetro* com chave seletora para medição entre cada duas fases (É um instrumento responsável pela indicação da tensão elétrica com que a energia está sendo fornecida à rede); e Um *disjuntor termomagnético* (É um elemento que atua de forma a dar segurança ao sistema elétrico, protegendo-o contra sobrecargas. Quando houver sobrecargas ou consumo de energia acima da capacidade de geração da microcentral, o disjuntor termomagnético atuará automaticamente, desligando as cargas do sistema.) (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010).

2.2.7. Linha de Transmissão

A linha de transmissão é responsável pelo transporte da energia gerada até o ponto de consumo. No caso de linhas aéreas de transmissão, tanto em baixa-tensão quanto em média-tensão, deve ser dada preferência pela utilização de cabos de alumínio nu, que são mais baratos e mais leves. A bitola do cabo deve ser escolhida em função da corrente nominal e da queda de tensão. No caso de potências muito pequenas, a bitola do cabo pode resultar muito pequena, o que implica em pequena resistência mecânica do condutor. Nesses casos o critério de especificação passa a ser a resistência mecânica. De forma geral não devem ser

especificados condutores com bitola inferior a 10 [mm²] (NOGUEIRA.F.J.H, 2007).

As características das linhas de distribuição de energia serão em função das características do gerador e da distância entre as cargas e o gerador. De forma geral, quando as distâncias forem inferiores a 500 metros, as cargas poderão ser atendidas na tensão de geração, sem utilizar transformadores. Para distâncias superiores a 500 metros, de forma geral, já se torna interessante a utilização de transformadores e linhas em média tensão. No caso de sistemas monofásicos, a linha de distribuição poderá ser constituída de um único condutor, realizando-se o retorno pela terra. Para proteção do gerador contra sobretensões de origem atmosférica, no caso de sistemas sem transformador elevador, devem ser utilizados para-raios de distribuição na linha e para-raios especiais de 650 volts e capacitores de 1[μ F] por fase entre os terminais do gerador e a terra. Já no caso de sistemas com transformador elevador é recomendável a instalação de para-raios de linha apenas junto ao transformador, no lado secundário. É importante lembrar que, quando se utiliza um transformador elevador, deverão ser utilizados um ou mais transformadores abaixadores, responsáveis por abaixar a tensão para níveis adequados (TIAGO FILHO,G.L., 2008).

2.3. Procedimentos Legais para Implantação de Microcentrais Hidrelétricas no Estado do Paraná

Para uma microcentral hidrelétrica entrar em operação existem diversas etapas a serem cumpridas, entre elas estão à outorga de direito, o registro e o licenciamento ambiental do empreendimento. O licenciamento ambiental de qualquer tipo de empreendimento é considerado o entrave inicial para a concretização do projeto; pois caso o órgão ambiental competente indefira a viabilidade ambiental do mesmo, todo processo é estagnado. Neste ítem, pretende-se demonstrar os principais requisitos para outorga de direito, registro e licenciamento ambiental de uma microcentral hidrelétrica no Estado do Paraná.

2.3.1. Outorga prévia e de direito

A Outorga é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos. Direciona-se ao atendimento do interesse social e tem por finalidades assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar o exercício dos direitos de acesso à água.

Conforme as normas gerais de outorga do Instituto das Águas do Paraná, para novos empreendimentos que necessitem de licenciamento ambiental e empreendimentos existentes que ainda não possuam licenciamento ambiental deverá ser requerida primeiramente a Outorga Prévia e posteriormente a Outorga de Direito (ÁGUAS PARANÁ).

De acordo com o Decreto Estadual nº 4.646/2001, que dispõe sobre o regime de outorga de direito de uso de recursos hídricos, em seu Art. 6º; inciso IV – Os usos de recursos hídricos para aproveitamento de potenciais hidrelétricos, estão sujeitos à outorga, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários. No parágrafo primeiro, a outorga de direito de uso de recursos hídricos para fins de aproveitamentos de potenciais hidrelétricos será efetivada em articulação com a Agência Nacional de Águas - ANA, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, observando-se o § 1º do art. 7º da Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

A solicitação de outorga prévia é indispensável para novos empreendimentos que necessitem de licenciamento ambiental. Existindo disponibilidade hídrica, a reserva da vazão requerida poderá ser autorizada mediante ato a ser publicado pelo Instituto das Águas do Paraná, no Diário Oficial do Estado do Paraná. O ato administrativo de outorga prévia tem apenas a finalidade de declarar a disponibilidade de água para os usos requeridos, não conferindo o direito de uso de recursos hídricos e se destinando a reservar a vazão passível de outorga. (ÁGUAS PARANÁ).

A Outorga de Direito é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos. A Outorga de Direito deverá ser requerida pelos

empreendimentos existentes que já possuam licenciamento ambiental e pelos novos empreendimentos que não necessitem de licenciamento ambiental.

Os requerimentos de Outorga Prévia e posteriormente Outorga de Direito deverão ser realizados junto ao Instituto das Águas do Paraná, através do preenchimento dos formulários disponibilizados por este órgão.

2.3.2. O Processo de registro

O pequeno aproveitamento de potencial hidráulico independe de concessão, permissão ou autorização, conforme a Lei nº 9.074/1995; Art. 8º: O aproveitamento de potenciais hidráulicos, iguais ou inferiores a 1.000 kW e a implantação de usinas termelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW, estão dispensadas de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente. Já o Art. 5º do Decreto nº 2.003/1996 que regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor, acrescenta ao texto do Art. 8º da Lei nº 9.074/1995 que; o aproveitamento de potencial hidráulico igual ou inferior a 1.000 kW, deve apenas ser comunicado ao poder concedente, para fins de “registro”. O referido registro deverá ser feito através do formulário de registro de central geradora hidrelétrica, disponibilizado pela ANEEL através do site; neste formulário deverá ser especificado os dados do proprietário, dados da central geradora hidrelétrica e as características técnicas da central geradora.

2.3.3. O Licenciamento ambiental

Mesmo sendo uma fonte de energia limpa, alguns impactos ambientais potenciais podem surgir do desenvolvimento de microcentrais e tendem a afetar comunidades humanas e ecossistemas locais. Segundo a Resolução Conama n.º 001 de 23/01/86, Artigo 1º; considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por

qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. As microcentrais tendem a ter impactos relativamente pequenos e localizados no ambiente, porém as sensibilidades a estes impactos locais existem e em alguns casos, estas podem ser suficientes para render um projeto inaceitável ou inviável economicamente (TIAGO FILHO, G.L., 2008).

Segundo (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985), Embora o presente trabalho se refira a microcentrais hidrelétricas, é indispensável que se tenha uma compreensão nítida das implicações trazidas pela realização do empreendimento sobre o meio ambiente, bem como dos eventuais riscos das alterações ambientais virem causar prejuízos à central. Os estados brasileiros contam presentemente com organismos especializados na definição, implementação e fiscalização de medidas de controle ambiental. Tais organismos deverão ser consultados, com vistas à obtenção de orientação para a definição de medidas de controle ambiental a serem adotadas. Deverão, inicialmente, ser observados e relatados os seguintes itens:

1) Caracterização das áreas onde serão realizadas as obras de construção das estruturas componentes e eventuais consequências dessas obras;

2) Situação das “áreas de empréstimo”, onde serão retirados materiais a serem usados nas obras: localização dessas áreas e consequências previstas da retirada desses materiais;

3) Observação do uso do solo na área da bacia hidrográfica, em termos de uso agrícola, pastagens e florestas, tendo em vista, principalmente, a ocorrência de erosão que possa vir a provocar o assoreamento futuro do reservatório. Recomenda-se verificar se o rio a ser barrado transporta muito material em suspensão, especialmente após períodos de chuva (examinar alterações na coloração da água). Deverão ser examinados também, os riscos de que a utilização intensa de fertilizantes e defensivos agrícolas em áreas da bacia possa vir a prejudicar a qualidade da água;

4) A existência, na região, de endemias que poderão vir a ser agravadas pela implantação do projeto (consultar organismos da área de saúde);

5) Definição da necessidade de proceder-se ao desmatamento e limpeza, totais ou parciais, da área a ser inundada, para a preservação da qualidade

da água do reservatório (consultar organismo estadual ou local de controle ambiental).

A fim de padronizar os procedimentos para licenciamento ambiental de unidades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Estado do Paraná; o Governo do Estado estabeleceu a Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 09/2010; A partir dos artigos desta, descritos a seguir estão os requisitos e as condicionantes para obtenção das licenças ambientais cabíveis a este tipo de empreendimento.

No Art. 3º da Resolução, os empreendedores de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, ao submeterem seus empreendimentos ao licenciamento ambiental perante o órgão estadual competente deverão prestar as informações técnicas sobre o mesmo, conforme estabelecem os termos da legislação aplicável e pelos procedimentos definidos nesta resolução.

No Art. 4º; Na hipótese dos empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico, respeitadas as peculiaridades de cada caso, a Licença Prévia (LP) deverá ser requerida no início do estudo de viabilidade técnica e econômica do empreendimento; a Licença de Instalação (LI) deverá ser obtida antes da realização da Licitação e/ou efetivo início das obras civis para construção do empreendimento e a Licença de Operação (LO) deverá ser obtida antes do fechamento da barragem.

O Art. 8º, estabelece a relação de toda documentação que obrigatoriamente deverá ser apresentada quando do requerimento do licenciamento ambiental, de acordo com a modalidade de licenciamento, conforme descrito abaixo:

2.3.3.1. Licença prévia – LP

A Licença Prévia é concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento ou atividade, aprova sua localização e concepção, atesta a viabilidade ambiental e estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas fases seguintes da implantação; para obtenção desta necessita-se dos seguintes documentos:

- Requerimento de licenciamento ambiental – RLA;
- Memorial descritivo do empreendimento;

- Anuência prévia do município em relação ao empreendimento, declarando expressamente a inexistência de óbices quanto à lei de uso e ocupação do solo e a legislação de proteção do meio ambiente municipal;
- Prova de publicação de súmula do pedido de licença prévia em jornal de circulação regional e no diário oficial do estado;
- Comprovante de recolhimento da taxa ambiental;
- Apresentação de cópia da(s) respectivas ART(s) - anotação(s) de responsabilidade técnica dos profissionais habilitados.

2.3.3.2. Licença de instalação – LI

A Licença de Instalação autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e as demais condicionantes; para obtenção desta necessita-se dos seguintes documentos:

- Requerimento de licenciamento ambiental - RLA;
- Cópia do ato constitutivo ou do contrato social;
- Anuência(s) do(s) proprietário(s) envolvido(s) pela implantação do empreendimento, registradas em cartório ou decreto de utilidade pública - DUP;
- Cópia(s) da(s) matrícula(s) do(s) imóvel(is) afetado(s) pelo empreendimento, contendo a averbação da reserva legal ou celebração de termo de compromisso para regularização da reserva legal;
- Cópia da licença prévia e de sua respectiva publicação em jornal de circulação regional e no diário oficial do estado;
- Prova de publicação de súmula do pedido de Licença de Instalação em jornal de circulação regional e no diário oficial do estado;
- Comprovante de recolhimento da taxa ambiental;
- Apresentação de cópia da(s) respectivas ART(s) - anotação(s) de responsabilidade técnica dos profissionais habilitados.

2.3.3.3. Licença de operação – LO

A Licença de Operação autoriza a operação da atividade ou empreendimento após a verificação do cumprimento das exigências das licenças anteriores, conforme as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação; para obtenção desta necessita-se dos seguintes documentos:

- Requerimento de licenciamento ambiental - RLA;
- Cópia da licença de instalação e de sua respectiva publicação em jornal de circulação regional e no diário oficial do estado;
- Cópia(s) da(s) matrícula(s) do(s) imóvel(is) afetado(s) pelo empreendimento, contendo a averbação da reserva legal;
- Prova de publicação de súmula do pedido de licença de operação ou de sua respectiva renovação em jornal de circulação regional e no diário oficial do estado;
- Comprovante de recolhimento da Taxa Ambiental;
- Apresentação de cópia da(s) respectivas ART(s) - anotação(s) de responsabilidade técnica dos profissionais habilitados.

Parágrafo Único: Além dos documentos dispostos neste artigo, deverá ser apresentada, ainda, a documentação disposta nos artigos seguintes, de acordo com as exigências específicas de cada empreendimento e da etapa do licenciamento.

No Art. 9º, os empreendimentos caracterizados como Central Geradora Hidrelétrica – CGH, que nesta Resolução entende-se como: (Unidade geradora de energia com potencial hidráulico igual ou inferior a 1 MW (um megawatt), normalmente com barragem somente de desvio, em rio com acidente natural que impede a subida de peixes); e como Pequena Central Hidrelétrica – PCH, que entende-se como: (Toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1MW (um megawatt) e até 30MW (trinta megawatts) e cuja área do reservatório não seja maior que 3 km² (300 ha), ou assim definidas pela ANEEL, conforme Resolução nº 652 de 09 de dezembro de 2003); cuja potência instalada de até 10 MW, deverão efetuar o requerimento de

licenciamento ambiental da sua unidade geradora de energia através dos documentos dispostos no Art. 8º, acrescidos dos seguintes documentos:

Na licença prévia – LP, acrescentar:

- Cadastro de obras diversas – COD;
- Registro do empreendimento, emitido pela ANEEL, no caso de CGH;
- Despacho da ANEEL aprovando os estudos de inventário hidrelétrico no caso de PCH;
- Despacho da ANEEL contendo o aceite ou autorização do projeto básico para análise, no caso de PCH;
- Relatório ambiental simplificado – RAS; que nesta Resolução entende-se como: (O estudo relativo aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterà, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação).
- Apresentação do pedido (protocolo) de outorga prévia dos recursos hídricos ao órgão competente;

Na licença de instalação – LI, acrescentar:

- Cadastro de obras diversas – COD;
 - Aprovação pela Assembléia Legislativa do Estado do Paraná, conforme Art. 209 da Constituição Estadual;
 - Despacho da ANEEL aprovando o projeto básico, no caso de PCH;
 - Relatório de detalhamento dos Programas Ambientais – RDPA;
- que nesta Resolução entende-se como: (O documento que apresenta,

detalhadamente, todas as medidas mitigadoras e compensatórias e os programas ambientais propostos no RAS);

- Apresentação da outorga prévia dos recursos hídricos;
- Apresentação do pedido (protocolo) de autorização para supressão vegetal emitido pelo órgão competente, caso se aplique;
- Apresentação do pedido (protocolo) de autorização para manejo (estudos e resgate) da fauna emitida pelo órgão competente;

Na licença de operação – LO, acrescentar:

- Cadastro de obras diversas – COD;
- Outorga de autorização / concessão da ANEEL para o empreendimento, no caso de PCH;
- Apresentação da outorga de direito dos recursos hídricos;

Parágrafo Único - O empreendedor deverá apresentar ao órgão ambiental, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, após a emissão da LI ou da RLI, o cronograma físico financeiro da obra, elaborado a partir concessão da licença de instalação, com destaque para a data de início das obras.

O empreendedor deverá atentar-se ao Art. 20, que no caso dos licenciamentos de Centrais Geradores Hidrelétricas - CGH's (até 1MW), Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH's, (até 10MW), Usinas Termelétricas de Energia – UTE's (até 10MW), Centrais Geradoras Eolielétricas – EOL's (até 10 MW), Subestações, Linhas de Distribuição, Linhas de Subtransmissão e Linhas de Transmissão (até 230kV), sempre que julgar necessário, ou quando for solicitado por entidade civil, pelo Ministério Público, ou por cinquenta pessoas maiores de dezoito anos, o órgão de meio ambiente promoverá reunião técnica informativa, conforme preconiza a Resolução CONAMA nº 279/2001. A reunião técnica informativa é promovida pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor, para apresentação e discussão do relatório ambiental simplificado-RAS, relatório de detalhamento dos programas ambientais-RDPA e demais informações, garantidas a consulta e participação pública.

2.4. Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Estado do Paraná

Para efeitos da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, ficam adotadas as seguintes definições:

I – Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II – Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III – Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa.

Conforme as regras estabelecidas pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 36 meses e que poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes, ou de outra unidade do mesmo titular. A regra é válida para centrais geradoras que utilizem fontes incentivadas de energia (hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada) e que sejam conectadas na rede de distribuição por meio de unidades consumidoras. Classificação da central geradora segundo a potência instalada: Microgeração – menor ou igual a 100 kW e Minigeração – Superior a 100 kW e menor ou igual a 1000 kW (COPEL,2013).

O consumidor que instalar micro ou minigeração distribuída terá de arcar com os custos de adequação do sistema de medição necessário para implantar o sistema de compensação. Após a adaptação, a própria distribuidora será responsável pela manutenção eventuais custos de substituição. A regra é

direcionada a geradores que utilizem fontes renováveis de energia, denominada de “geração distribuída”. A geração de energia elétrica próxima ao local de consumo ou na própria instalação consumidora trará uma série de vantagens sobre a geração centralizada tradicional, como, por exemplo, economia dos investimentos em transmissão, redução das perdas nas redes e melhoria da qualidade do serviço de energia elétrica. Ao contrário do que tem sido veiculado na mídia, a microgeração de energia elétrica não será uma ameaça às concessionárias, e muito menos à segurança da rede, mas sim uma importante ferramenta para redução de perdas e melhoria da qualidade da energia e na gerência da rede, aliada ao conceito smart grid permitindo ao gerenciadores de redes prover controle da carga dos clientes conectados, bem como de suas unidades geradoras, obtendo assim o melhor aproveitamento da rede elétrica em todos os sentidos. Haverá assim consequentemente a viabilização de diversas novas tecnologias hoje ainda em fase experimental nas diversas universidades brasileiras e centros de pesquisa, culminando com o desenvolvimento de equipamentos e na prestação de serviços necessários para gerenciamento e uso da mini e microgeração (URSAIA. G.C, 2013).

Por enquanto ainda não existem normas relativas à comercialização ou venda da energia elétrica excedente, obtida através da micro ou minigeração distribuída, restando apenas aos produtores à compensação.

2.5. Determinação da Vazão (Q) do Curso d' Água

Por vazão entende-se o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, e é expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em m^3/s (CARVALHO, T.M. 2008).

Com o uso de uma trena, é medido a largura do canal, no caso da ausência de uma trena pode ser usado uma corda, caso o canal seja muito largo a medição pode ser feita com o uso de um GPS. Após determinada a largura do canal, é determinada sua profundidade média. Este próximo passo pode ser feito com o uso de uma simples vara de bambu, uma corda com peso, ou medir a laser (fita

métrica a laser encontrada em lojas de materiais de construção) ambos devidamente marcados na escala métrica. Em seguida, faz-se medições para estimar a média das profundidades (soma-se todos os pontos amostrados e divide-se pelo número de pontos amostrados). Com a média da profundidade e a distância do canal, resta a última variável, no entanto a mais delicada, pelo fato de ser muito dinâmica ao longo do eixo transversal e vertical do canal, que é a velocidade média do fluxo de água. Para estimar a velocidade média do fluxo, alguns artefatos são usados, desde folhas até flutuadores postos no eixo central do canal. Estes objetos são postos num determinado ponto e solto, a distância pré-fixada em que o objeto flutua (podendo ser 1, 2 ou 10... metros) e o tempo decorrido estima-se a velocidade, isto é, velocidade é igual ao tempo dividido pela distância ($v = d/t$), este passo pode ser repetido três vezes para que se tenha uma melhor média da velocidade da corrente de água (CARVALHO, T.M. 2008).

2.6. Potência Aproveitável ou Disponível

A determinação da potência aproveitável é na realidade, a determinação do potencial máximo que o local escolhido pode fornecer com as suas características topográficas de desnível (queda natural) e hidrológicas de vazão disponível do curso d' água (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985). Em outras palavras, a potência elétrica disponível é a potência que o gerador poderá gerar a partir da potência hidráulica disponível, descontando-se as perdas hidráulicas no sistema de adução e na turbina hidráulica, as perdas mecânicas nos mancais e na transmissão, e as perdas elétricas no gerador (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010).

A estimativa da potência hidráulica disponível é um valor aproximado que permite a tomada de decisão quanto a implantação ou não da microusina. O valor real da potência que será gerada só será conhecido após fazer a escolha da turbina, uma vez que depende do rendimento da turbina escolhida (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010).

2.7. Unidade Geradora

A unidade geradora é o equipamento eletromecânico mais importante de uma microcentral hidrelétrica. É composta, basicamente, da turbina hidráulica e do gerador e como equipamentos complementares principais, do regulador, válvula, quadro de comando e volante (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

3. METODOLOGIA

3.1. Local para Instalação das Microcentrais Hidrelétricas

Foram avaliadas quatro propriedades rurais localizadas no município de Cianorte-PR; com quedas d' água entre 5,5 a 12,5 metros de altura e com vazões que variavam entre 0,042 a 0,51 m³/s no período de maior estiagem .

3.2. Determinação da Altura da Queda d' Água

Foram realizados levantamentos topográficos, por uma empresa especializada, utilizando o equipamento Estação Total Leica TS 02 Power na realização dos levantamentos altimétricos.

3.3. Determinação da Vazão (Q)

A técnica de medição de vazão adotada foi a medição indireta ou manual, conforme preconizado por CARVALHO, T.M.,2008; usando a equação da vazão:

$$Q = V \cdot h \cdot L$$

Sendo:

Q = vazão em m³/s;

V = velocidade média da correnteza em m/s;

h = profundidade média em metros;

L = largura do canal em metros.

3.4. Determinação da Potência Aproveitável ou Disponível

Uma vez conhecida a vazão (Q), em m³/s, e a altura de queda (H), em metros, bastará utilizar a fórmula seguinte para estimar a potência hidráulica aproveitável em kW:

$$PH = 6,2 \times Q \times H$$

Sendo:

PH = potência hidráulica disponível, em kW;

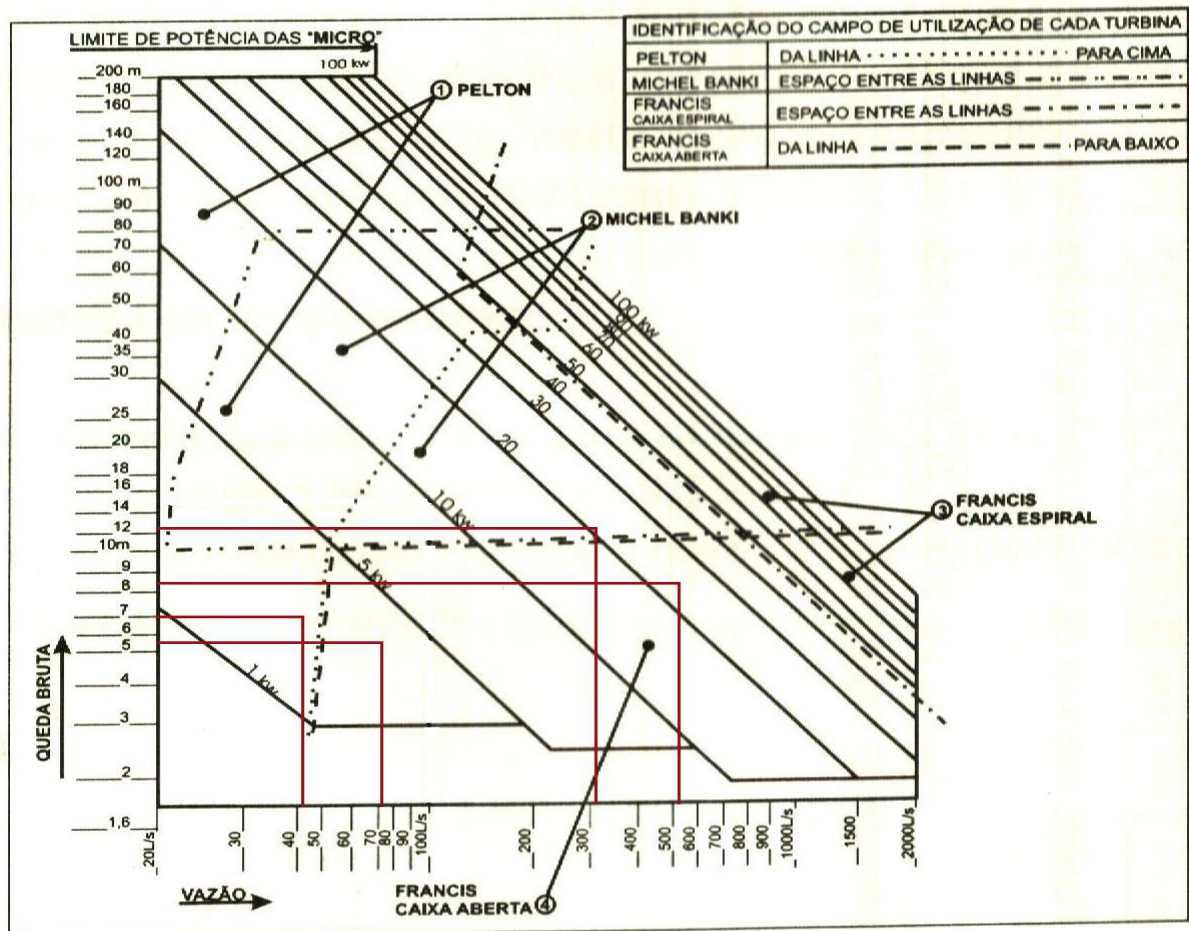
Q = vazão de água, em m³/s; e

H = altura de queda, em m.

3.5. Escolha da turbina

Uma vez obtidas a queda líquida em metros e a descarga em metros cúbicos por segundo, pode-se encontrar o tipo de turbina recomendado para o aproveitamento em estudo. Para isto deve-se utilizar o ábaco abaixo, onde serão representadas em caráter orientativo, as faixas de utilização de cada turbina. A potência a ser obtida do conjunto turbina-gerador também pode ser tirada do mesmo, bastando para isto interpolar os valores das linhas oblíquas (valor de potência gerada em kW). A faixa de potência unitária adotada para as microcentrais é de até 100 kW, valendo como entrada os valores de queda (até 200 m) e vazão (até 2 m³/s) (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

Figura 3.5. Ábaco para identificação do campo de utilização de cada turbina



Fonte: (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010)

3.5.1. Escolha das turbinas através de consulta a empresas especializadas

Além da utilização teórica do ábaco na escolha das turbinas; também foram consultadas através de e-mail, duas empresas que se destacam nacionalmente na fabricação de equipamentos eletromecânicos para microcentrais hidrelétricas. Para enviarem as informações sobre as turbinas a serem utilizadas, as empresas solicitaram alguns dados sobre os aproveitamentos hidrelétricos estudados, como alturas das queda e suas respectivas vazões.

3.6. Escolha do gerador

Para a escolha do gerador, ou seja, para calcular a Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador utilizou-se o sugerido por (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010); Para isso, bastará multiplicar a Potência Mecânica (PM), fornecida pela turbina, pelo coeficiente de rendimento do gerador, que normalmente é de 0,9 ou 90%, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$PE = PM . 0,9$$

Sendo:

PE = Potência elétrica que será fornecida pelo gerador;

PM = Potência Mecânica

Os geradores monofásicos são encontrados no mercado com potências que variam de 1,0 a 60 kW, o que corresponde a uma variação de 1,3 a 75 kVA. Já os trifásicos são encontrados na faixa de 4 a 80 kW, o que corresponde a uma variação de 5,0 a 100 kVA, conforme apresentado na tabela abaixo (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010):

Tabela 3.6. Valores de potência para geradores monofásicos e trifásicos para microusinas.

Geradores monofásicos				Geradores trifásicos			
Com escovas (*1)		Sem escovas (*2)		Com escovas (*3)		Sem escovas (*4)	
Pot. (kVA)	Pot. (kW)	Pot. (kVA)	Pot. (kW)	Pot. (kVA)	Pot. (kW)	Pot. (kVA)	Pot. (kW)
1,3	1	1,3	1	5,0	4	5,0	4
2,5	2	2,5	2	7,5	6	7,5	6
3,8	3	3,8	3	9,4	7,5	9,4	7,5
5,0	4	5,0	4	12,5	10	12,5	10
6,3	5	6,3	5	15,6	12,5	15,6	12,5
7,5	6	7,5	6	18,8	15	18,8	15
9,4	7,5	--	--	25,0	20	25,0	20
12,5	10	--	--	31,3	25	31,3	25

15,6	12,5	--	--	37,5	30	37,5	30
18,8	15	--	--	45,0	36	45,0	36
25,0	20	--	--	50,0	40	50,0	40
31,3	25	--	--	62,5	50	62,5	50
37,5	30	--	--	75,0	60	75,0	60
50,0	40	--	--	100,0	80	100,0	80
75,0	60	--	--	125,0	100	125,0	100
--	--	--	--	137,5	110	137,5	110
--	--	--	--	187,5	150	187,5	150

(*1) fornecidos em 110/220 V ou 220/440 V.

(*2) fornecidos em 110/220 V.

(*3) fornecidos em 127/220 V ou 220/380 V.

(*4) fornecidos em 127/220 V ou 220/380 V.

3.6.1. Escolha dos geradores através de consulta a empresas especializadas

Assim como as turbinas, na escolha dos geradores foram adotados o mesmo método. As empresas consultadas também solicitaram os mesmos dados sobre alturas das quedas e vazões, para em seguida enviarem as informações sobre os geradores a serem utilizados nestes aproveitamentos hidrelétricos.

3.7. Escolha do disjuntor de proteção

O disjuntor de proteção, que fica instalado no quadro de comandos, tem a função de proteger o gerador contra sobrecargas. O seu dimensionamento é feito, levando-se em consideração a potência elétrica máxima que será gerada e a tensão elétrica máxima que será gerada e a tensão elétrica na saída do gerador, conforme tabela abaixo (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C., 2010).

Tabela 3.7. Disjuntores de proteção trifásico de 220V.

Disjuntores de proteção trifásico de 220 V	
Potência	Disjuntor
21 a 24 kW	80 A
24 a 27 kW	90 A
27 a 30 kW	100 A
30 a 38 kW	125 A
38 a 46 kW	150 A
46 a 53 kW	175 A
53 a 61 kW	200 A
61 a 68 kW	225 A
68 a 76 kW	250 A
76 a 84 kW	275 A
84 a 91 kW	300 A

Fonte: TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C., 2010.

3.8. Determinação da Demanda

Segundo (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010); nas instalações elétricas, raramente, utiliza-se toda a potência instalada, simultaneamente. A potência máxima consumida em um determinado instante é conhecida como Demanda Máxima Instantânea de uma instalação.

O dimensionamento da carga associada à microcentral constitui uma das variáveis para a definição da potência a ser instalada. Os curtos prazos de definição exigidos desde os estudos preliminares até o conhecimento do montante de investimento necessário ao empreendedor, indicam que a central não deve ser dimensionada computando-se apenas a carga existente ou prevista para ser atendida de imediato. Deve-se, porém, admitir que a microcentral será capaz de absorver o crescimento esperado na propriedade, dentro de um período suficiente

para que se defina uma nova fonte de energia destinada a satisfazer as suas futuras expansões. Nos sistemas consumidores, como áreas agrícolas onde há período de safra, quando o consumo de energia elétrica aumenta com o funcionamento dos equipamentos de beneficiamento dos produtos agrícolas, deve-se estudar a distribuição de carga no período normal de consumo. O maior “pico” encontrado nos dois períodos estudados definirá a potência necessária a ser instalada na central. A determinação da potência necessária, para atender o consumo da carga elétrica das instalações é feita através das cargas elétricas horárias de todos os componentes da instalação. A maior carga horária (pico) encontrada define a potência necessária a instalar na central. (ELETROBRÁS & DNAEE, 1985).

A demanda total em cada horário, é obtida, somando-se as demandas existentes em cada ponto de consumo no respectivo horário.

Para expressar a demanda total de cada horário em kVA, quando se tratar de cargas residenciais, como neste caso, basta dividir a demanda em W por 1.000 e o resultado obtido será convertido para kVA.

A potência de motores elétricos, normalmente, é expressa em CV. Para obter a potência útil (W), a partir da potência em CV, deve-se multiplicar pelo fator 736, ou seja: $1 \text{ CV} = 736 \text{ Watts}$. Assim, a potência útil (W) = potência (CV) x 736.

Potência total (kVA) = potência útil (W) / rendimento (%) x fator de potência (decimal) x 10. Sendo o rendimento e o fator de potência fornecidos pelo fabricante.

Para se chegar a potência necessária, ou seja, para a estimar a carga elétrica (Demanda Requerida) a ser consumida nas propriedades e para um melhor planejamento do uso de energia elétrica, foi elaborada uma planilha de campo, onde foram relacionados as lâmpadas para iluminação, aparelhos e equipamentos elétricos que vão consumir energia elétrica, as suas potências e os períodos prováveis de consumo diário. Os valores das potências em Watts foram retirados do simulador de consumo da Copel. Conhecidas as cargas de cada setor, ou pontos de consumo, deve-se fazer uma distribuição de uso dessas cargas, nos horários mais prováveis e depois agrupar os valores, conforme as tabelas constantes no Apêndice C, pertinentes a cada queda d' água estudada.

3.9. Determinação da Potência a ser Gerada.

Conforme, (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010); Tendo determinado a demanda requerida na propriedade, faz-se necessário compará-la com a potência elétrica que a microusina é capaz de gerar. O ideal é que a potência da microusina exceda a demanda requerida, no mínimo em 10 %. Para verificar se a microusina terá capacidade de atender à demanda, procede-se da seguinte maneira:

Calcula-se a vazão requerida, de modo a atender a carga máxima do sistema:

$$Q_r = P_r / 6,2 \cdot H$$

Sendo:

Q_r = Vazão requerida para atender a carga máxima, em m³/s.

P_r = Potência requerida em kW; e

H = Altura de queda, em m.

3.9.1. Como proceder quando a vazão requerida (Q_r) for inferior a vazão disponível (Q)

Caso a Vazão requerida (Q_r) seja inferior a vazão disponível (Q), pode-se estudar o caso de construir a central com regularização diária, o que é feito da seguinte maneira:

Conforme, (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010), Calcula-se o volume do reservatório pela expressão:

$$V = A_b \cdot L / 3$$

Sendo:

V = o volume do reservatório, em m³;

A_b = a área da seção molhada da barragem, em m²;

L = o comprimento do reservatório, em m.

Calcula-se o volume regularizado:

$$V_r = V / 3$$

Calcula-se o incremento de vazão:

$$\Delta Q = Vr / 86.400$$

Por fim, determina-se a vazão regularizada:

$$Qr = Q + \Delta Q, \text{ sendo } Qr \text{ dada em } m^3/s.$$

Para que se obtenha a vazão regularizada, a barragem deverá ter sua altura aumentada Δhb calculado pela seguinte fórmula:

$$\Delta hb = Hb / 3$$

Em que:

Hb é altura da barragem em m;

Δhb é o incremento na altura da barragem, em m.

4. RESULTADOS

4.1. Deteminação das Alturas das Quedas d' Água

Na realização dos levantamentos topográficos para obtenção da altura bruta das quedas d' água, foi contratada uma empresa especializada em serviços topográficos, que fincou um marco de madeira a jusante e a montante das quedas e em cima destes marcos foi instalado o equipamento topográfico e foram feitas as leituras das cotas das quedas d' água. No final dos trabalhos chegou-se aos resultados descritos na tabela abaixo bem como no Apêndice A:

Tabela 4.1. Altura (H) das quedas d' água

Corpo d' água	Altura de queda bruta (H)
Ribeirão Bolivar	8,5 metros de queda d' água
Ribeirão Cristalino	12,5 metros de queda d' água
Córrego Taboão	5,5 metros de queda d' água
Córrego Sapezal	7 metros de queda d' água

4.2. Estimativa das Vazões dos Cursos d' Água

Com o uso de uma trena foram medidas as larguras dos corpos d' água a jusante ou a montante das quedas, pois nestes pontos os leitos apresentavam uniformidade em suas margens, resultando em:

Tabela 4.2. Largura dos corpos d' água

Corpo d' água	Largura no ponto de amostragem
Ribeirão Bolivar	3,40 metros de uma margem a outra
Ribeirão Cristalino	5,50 metros de uma margem a outra

Córrego Taboão	2,00 metros de uma margem a outra
Córrego Sapezal	1,70 metros de uma margem a outra

Em seguida, utilizando-se de uma régua de metal graduada foram estimadas as suas respectivas profundidades média, somando-se os quatro resultados obtidos e dividindo pelos números de pontos amostrados, resultando em:

Tabela 4.2.1. Profundidade média dos corpos d' água

Corpo d' água	Profundidade média
Ribeirão Bolivar	(0,36 metros na margem esquerda; no meio 0,28 metros e 0,38 metros e na margem direita 0,20 metros); num total de 1,22 metros / 4 pontos amostrados = <u>0,30 metros de profundidade média.</u>
Ribeirão Cristalino	(0,17 metros, 0,39 metros e 0,43 metros na margem esquerda; no meio 0,29 metros, 0,34 metros e 0,42 metros e na margem direita 0,28 metros, 0,27 metros e 0,27 metros); num total de 2,86 metros / 9 pontos amostrados = <u>0,32 metros de profundidade média.</u>
Córrego Taboão	(0,11 metros na margem esquerda; no meio 0,13 metros e 0,13 metros e na margem direita 0,12 metros); num total de 0,49 metros / 4 pontos amostrados = <u>0,12 metros de profundidade média.</u>
Córrego Sapezal	(0,06 metros e 0,08 metros na margem esquerda; no meio 0,09 e 0,09 metros e na margem direita 0,10 metros e 0,06 metros); num total de 0,48 metros / 6 pontos amostrados = <u>0,08 metros de profundidade média.</u>

O próximo passo foi a obtenção das velocidades média do fluxo nos corpos d' água em estudo; onde foram cravadas estacas na mesma margem com uma distância definida entre elas formando uma pista; usando um flutuador, ou seja,

um recipiente plástico com tampa, tendo aproximadamente 50% do seu volume preenchido com água; o flutuador era jogado no meio do canal e no momento em que o flutuador passava pela primeira estaca era acionado um cronômetro iniciando assim a contagem do tempo. Quando o flutuador passava pela segunda estaca trava-se o cronômetro obtendo assim o tempo gasto para percorrer a pista. O flutuador era lançado e cronometrado por várias vezes obtendo-se uma média em segundos para percorrer a pista e aplicando este valor a fórmula da velocidade; onde: $V = m / s$, obtinha-se a velocidade média estimada em m/s:

Tabela 4.2.2. Velocidade média dos corpos d' água

Corpo d' água	Distância da pista	Tempo médio	Velocidade média
Ribeirão Bolivar	4 metros	8 segundos	$V = m / s$ $V = 4 \text{ metros} / 8 \text{ segundos}$ <u>$V = 0,5 \text{ m/s}$</u>
Ribeirão Cristalino	4 metros	21 segundos	$V = m / s$ $V = 4 \text{ metros} / 21 \text{ segundos}$ <u>$V = 0,19 \text{ m/s}$</u>
Córrego Taboão	3 metros	9 segundos	$V = m / s$ $V = 3 \text{ metros} / 9 \text{ segundos}$ <u>$V = 0,30 \text{ m/s}$</u>
Córrego Sapezal	2 metros	6,4 segundos	$V = m / s$ $V = 2 \text{ metros} / 6,4 \text{ segundos}$ <u>$V = 0,31 \text{ m/s}$</u>

Com os dados acima obtidos em campo, foram aplicados a equação $Q = V \cdot h \cdot L$, para obter o valor da vazão (Q):

Tabela 4.2.3. Vazão dos corpos d' água

Corpo d' água	Vazão (Q)
Ribeirão Bolivar	$Q = V \cdot h \cdot L$ $Q = 0,5 \text{ m/s} \times 0,30 \text{ m} \times 3,40 \text{ m}$ <u>$Q = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$ ou 510 litros por segundo que passa neste local.</u>

Ribeirão Cristalino	$Q = V \cdot h \cdot L$ $Q = 0,19 \text{ m/s} \times 0,32 \text{ m} \times 5,50 \text{ m}$ $Q = \underline{0,33 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 330 \text{ litros por segundo que passa neste local.}}$
Córrego Taboão	$Q = V \cdot h \cdot L$ $Q = 0,30 \text{ m/s} \times 0,12 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ $Q = \underline{0,072 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 72 \text{ litros por segundo que passa neste local.}}$
Córrego Sapezal	$Q = V \cdot h \cdot L$ $Q = 0,31 \text{ m/s} \times 0,08 \text{ m} \times 1,70 \text{ m}$ $Q = \underline{0,042 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 42 \text{ litros por segundo que passa neste local.}}$

O resultado das vazões acima foram determinadas com os níveis dos corpos d' água nos seus valores mínimos, devido a uma rigorosa estiagem no período de coleta dos dados; adotou-se os valores das vazões encontradas como os valores das vazões mínimas ocorridas.

As informações sobre a precipitação pluviométrica, cedidas pelo setor de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná-IAPAR, confirmam que, nos meses de maio, junho e julho de 2012, período de aproximadamente 90 dias que antecederam a coleta dos valores das vazões; bem como nos meses de agosto e setembro de 2012, meses em que ocorreram as coletas de dados, não houve precipitação significativa neste período.

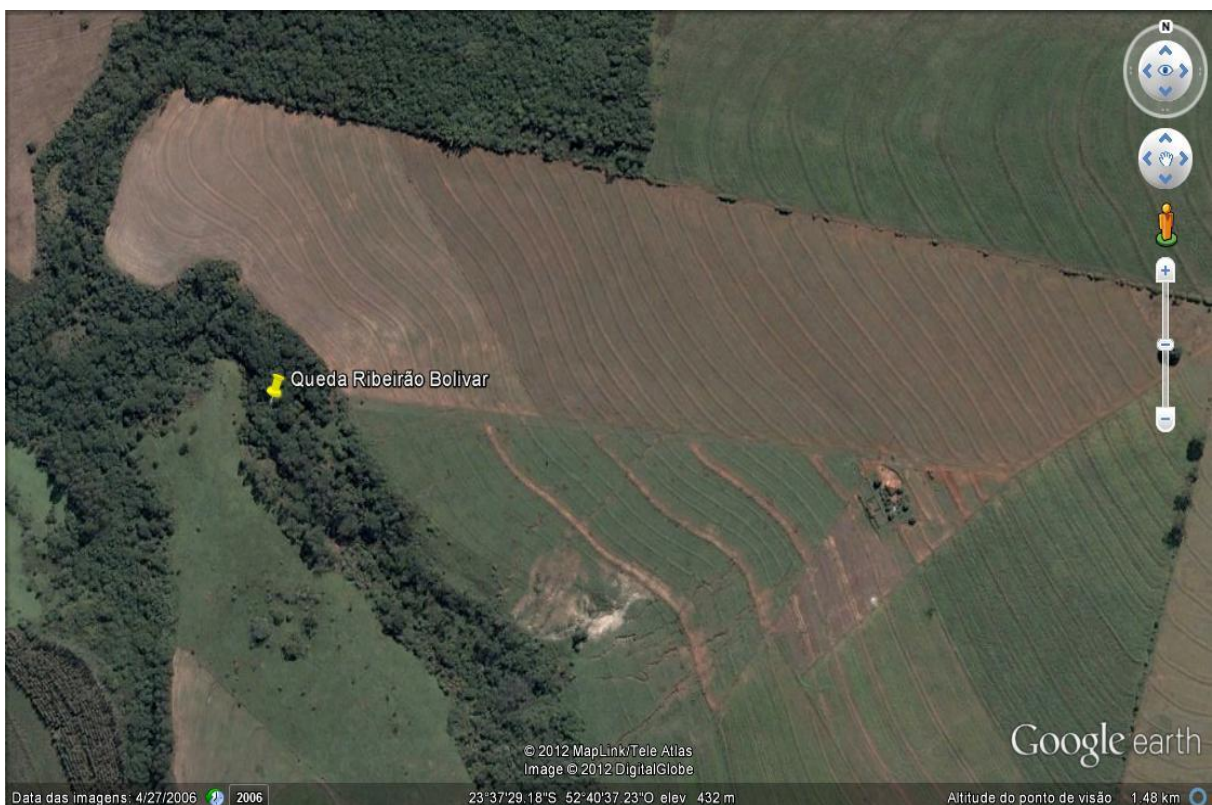
4.3. Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do RIBEIRÃO BOLIVAR

Esta queda está situada, no Ribeirão Bolivar sob coordenadas geográficas 23°37'29.18"S – 52°40'37.23"O, onde o mesmo está inserido na bacia hidrográfica do Rio dos Índios e este por sua vez situa-se na bacia hidrográfica do Rio Ivaí. Este ribeirão possui um extensão total de aproximadamente 14.750 metros até sua confluência com o Rio dos Índios; possui 11 afluentes e sua água é captada para tratamento e abastecimento público da cidade de Cianorte-PR.

O perfil da bacia hidrográfica do Ribeirão Bolivar com seus afluentes da nascente até o local de implantação da microcentral, está representado em uma planta no Apêndice B.

A propriedade rural onde está localizada a queda, é predominantemente utilizada para criação extensiva de bovinos, possui uma residência sede e um paiol para guardar implementos.

Figura 4.3. Localização da Queda d' Água do Ribeirão Bolivar



Fonte: Google Earth (2012).

Figura 4.3.1. Imagem da Queda d' Água do Ribeirão Bolivar



Fonte: Própria (2013).

4.3.1. Determinação da potência aproveitável ou disponível da queda d' água do RIBEIRÃO BOLIVAR

Conhecida a vazão (Q) do ribeirão que é de 0,51 m³/s, e a altura de queda (H) que é de 8,5 metros, bastará utilizar a fórmula seguinte para estimar a potência hidráulica disponível em kW:

$$PH = 6,2 \times Q \times H$$

$$PH = 6,2 \times 0,51 \times 8,5$$

$$\underline{PH = 26,9 \text{ kW}}$$

4.3.2. Escolha da turbina

Através dos resultados obtidos em campo, como vazão (Q) e altura de queda (H) em metros, pode-se encontrar o tipo de turbina recomendada interpolando as linhas oblíquas no Ábaco (FIGURA 3.5.1). Para a queda d' água do Ribeirão Bolivar, a turbina recomendada pela literatura, ou seja, pelo ábaco é a Turbina Francis caixa aberta.

Em consulta as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, as turbinas indicadas para o aproveitamento hidrelétrico do Ribeirão Bolivar foram respectivamente:

Empresa 1: Turbina Pelton.

Empresa 2: Turbina Michell Banki.

4.3.3. Escolha do gerador

Através dos resultados obtidos interpolando as linhas oblíquas no Ábaco (FIGURA 3.5.1); também pode-se calcular a Potência Elétrica (PE) que será fornecida pelo mesmo, para isso bastou multiplicar a Potência Mecânica (PM) fornecida pela turbina, cujo valor aproximado encontrado no ábaco foi de 25 kW, pelo coeficiente de rendimento do gerador, que normalmente é de 0,9 ou 90% para geradores nacionais, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$PE = PM . 0,9$$

$$PE = 25 \times 0,9$$

$$\underline{PE = 22,9 \text{ kW}}$$

Portanto a Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador da microcentral hidrelétrica do Ribeirão Bolivar é de 22,9 kW. Depois de conhecer a potência elétrica do gerador, bastará utilizar a Tabela 3.5, para fazer a escolha do gerador. Pretende-se neste caso utilizar um gerador trifásico, com escovas, de 127/220 V. Portanto, o gerador a ser utilizado deverá ser de 25 kW, que corresponde

a 31,3 kVA. Assim, a potência elétrica disponível para a propriedade será de 25 kW (25.000 Watts).

Assim como na escolha das turbinas, para a escolha do gerador também foram consultadas as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, e os geradores indicados para o aproveitamento hidrelétrico do Ribeirão Bolivar foram respectivamente:

Empresa 1: Gerador Trifásico 110/220 V de 20 kVA.

Empresa 2: Gerador Trifásico 110/220 V de 18 kVA.

4.3.4. Escolha do regulador

Para uma potência elétrica disponível de 25 kW, com neste caso da propriedade do Ribeirão Bolivar, o regulador recomendado pela literatura é o “Regulador Hidromecânico”, indicado para potências superiores a 20 kW, que funciona variando a abertura do distribuidor e em consequência ocorre variação da vazão em função da carga elétrica do sistema.

4.3.5. Escolha do disjuntor de proteção

A fim de proteger o gerador da futura microcentral hidrelétrica contra sobrecargas; baseado no resultado encontrado, a literatura indica para potências entre 24 a 27 kW, Disjuntor de proteção de 90 A (amperes).

4.3.6. Determinação da demanda

Com os dados colhidos na Planilha de Campo, pode-se estimar a carga elétrica desejada (Demanda Requerida) e determinar a potência necessária ao seu suprimento, bem como a maior carga horária (pico), conforme a seguir:

Tabela 4.3.6. Demanda da propriedade

Tipo de Consumo	Quantidade	Potência (W)	Período provável de funcionamento
Residência:	---	---	---
Lâmpadas incandescentes (100W)	8	800	18 às 23 horas
Freezer	1	130	0 às 0 horas
Geladeira	1	130	0 às 0 horas
Batedeira	1	200	15 às 16 horas
Liquidificador	1	300	11 às 12 horas
Microondas	1	1200	12 às 13 horas
Ferro elétrico	1	1000	16 às 17 horas
Lavadora de roupas	1	350	8 às 9 horas
Aparelho de DVD	1	50	22 às 23 horas
Aparelho de Som	1	80	13 às 16 horas
Computador	1	300	19 às 21 horas
Televisor	1	100	19 às 23 horas
Ventilador	3	360	20 às 7 horas
Chuveiro	1	3500	18 às 20 horas
Rádio relógio	1	5	0 às 0 horas
Cortador de Grama	1	500	9 às 10 horas
Furadeira	1	350	8 às 9 horas
Captação de água potável:	---	---	---
Bomba d' água	1	450	7 às 12 horas
		Total	
		9805 W	

Vê-se que a demanda total da propriedade é de 9805 Watts. Se todos os equipamentos fossem ligados ao mesmo tempo, seria necessário gerar na

microcentral uma potência igual ou superior a esse valor.

Entretanto, felizmente, as cargas não são ligadas todas simultaneamente e sim de acordo com as atividades ao longo do dia na propriedade.

A demanda total em cada horário, é obtida, somando-se as demandas existentes em cada ponto de consumo no respectivo horário, por exemplo, às oito horas da manhã existe uma demanda de 1415 Watts, ou 1,415 kW, obtida pela soma dos 130 W do freezer, 130 W da geladeira, 350 W da lavadora de roupas, 5 W do rádio relógio e 350 W da furadeira, que são utilizados nesse horário.

Para expressar a demanda total de cada horário em kVA, quando se tratar de cargas residenciais, como neste caso, basta dividir a demanda em W por 1.000 e o resultado obtido será convertido para kVA.

Conforme apresentado no Apêndice C, a demanda máxima, em kVA, para a fazenda, ocorre das 19 às 20 horas, com valor de 4965 W = 4,96 kVA.

4.3.7. Determinação da potência a ser gerada

Para obter a potência máxima a ser gerada, calcula-se a Vazão Requerida (Q_r), de modo a atender a carga máxima do sistema, aplicando a fórmula de acordo com (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010), onde:

$$Q_r = P_r / 6,2 \cdot H$$

$$Q_r = 4,96 / 6,2 \times 8,5$$

$$\underline{Q_r = 6,8 \text{ m}^3/\text{s}}$$

O valor de 6,8 m³/s corresponde a vazão requerida (Q_r) para que a microcentral atenda a carga máxima do sistema, ou seja, esta é a vazão necessária para que a turbina escolhida trabalhe para suprir a demanda de energia elétrica da propriedade que é de 4,96 kW ou 4,96 kVA.

4.3.8. Vazão Requerida (Qr) e Vazão Disponível (Q)

Comparando os resultados da vazão requerida (Qr) que é de 6,8 m³/s, com o da vazão disponível (Q) que é de 0,51 m³/s; subtrai-se da literatura o seguinte: Caso a vazão requerida (Qr) seja maior que a vazão disponível (Q), então a central terá capacidade de atender uma carga superior a demanda requerida da propriedade. Sugere-se fazer um estudo de futuras expansões e que se adote uma vazão que atenda à carga futura.

Como no Ribeirão Bolivar a Vazão requerida (Qr) é maior que a vazão disponível (Q), não será necessário construir a microcentral com regularização diária, ou seja, não haverá a necessidade de construção do reservatório para complementar a vazão.

4.3.9. Linha de transmissão da microcentral do Ribeirão Bolivar

Para transmissão da energia elétrica gerada pela microcentral, não será necessário o uso de transformadores, pois a distância do local de geração de energia até o ponto de consumo das cargas (sede da propriedade) é de aproximadamente 490 metros. Neste caso conforme a literatura, quando as distâncias forem inferiores a 500 metros, as cargas poderão ser atendidas na tensão de geração, sem utilizar transformadores. Deve ser dada preferência pela utilização de cabos de alumínio nu, que são mais baratos e mais leves.

4.3.10. Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Ribeirão Bolivar

Com o aproveitamento do potencial energético da queda d' água do Ribeirão Bolivar, a potência a ser gerada pela microcentral de acordo com os resultados seria de 22,9 kW. Porém a demanda máxima da propriedade é de 4,96

kW.

Nessa óptica, tem-se que, considerando as grandezas acima, o aproveitamento hidráulico acima referenciado poderá gerar 16488 kWh/mês (22,9 kW x 720 horas no mês). No entanto, considerando as cargas instaladas nesta propriedade, o máximo consumo ou demanda a que se pode chegar é 3571,2 kWh/mês (4,96 kW x 720 horas no mês). Com isso, tem-se um excedente de geração de 12916,8 kWh/mês (16488 kWh – 3571,2 kWh).

Por outro lado, o perfil de consumo de uma propriedade rural como esta, segundo o banco de dados de uma concessionária de energia elétrica da região de Presidente Prudente/SP, é 0,4, isto é, o fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente em dado momento é de 40%, o que determina um consumo de 1428,48 kWh (3571,2 kWh x 40%). Assim, tem-se, neste cenário, um excedente de 15059,52 kWh (16488 kWh – 1428,48 kWh) e da mesma forma, seria possível atender a 10,5 outras unidades como esta. Embora ainda não se possa comercializar o excedente de energia (vendê-lo), mas o proprietário poderá, injetar a energia excedente na rede de distribuição das concessionárias, através do sistema de compensação de energia elétrica ou microgeração distribuída, regulamentada pela Resolução Normativa ANELL 482/2012.

Outro benefício seria que, a propriedade onde está localizada a queda d' água, atualmente é servida pela rede monofásica de distribuição de energia elétrica da Companhia Paranaense de Energia – COPEL; e de acordo com técnicos do setor, para a implantação da rede trifásica na propriedade o proprietário pagaria pelo serviço, à Copel ou a uma empreiteira particular, uma quantia de aproximadamente R\$ 35.000,00 por Km de rede implantada, incluso mão de obra, posteamento, equipamentos e condutores. Portanto, com a implantação da microcentral, a energia a ser fornecida passaria a ser trifásica, e não necessitaria deste investimento de R\$ 35.000,00 por Km, o que inviabilizaria o atendimento trifásico, tendo em vista a não amortização do projeto em tempo razoável e falta de recursos do proprietário.

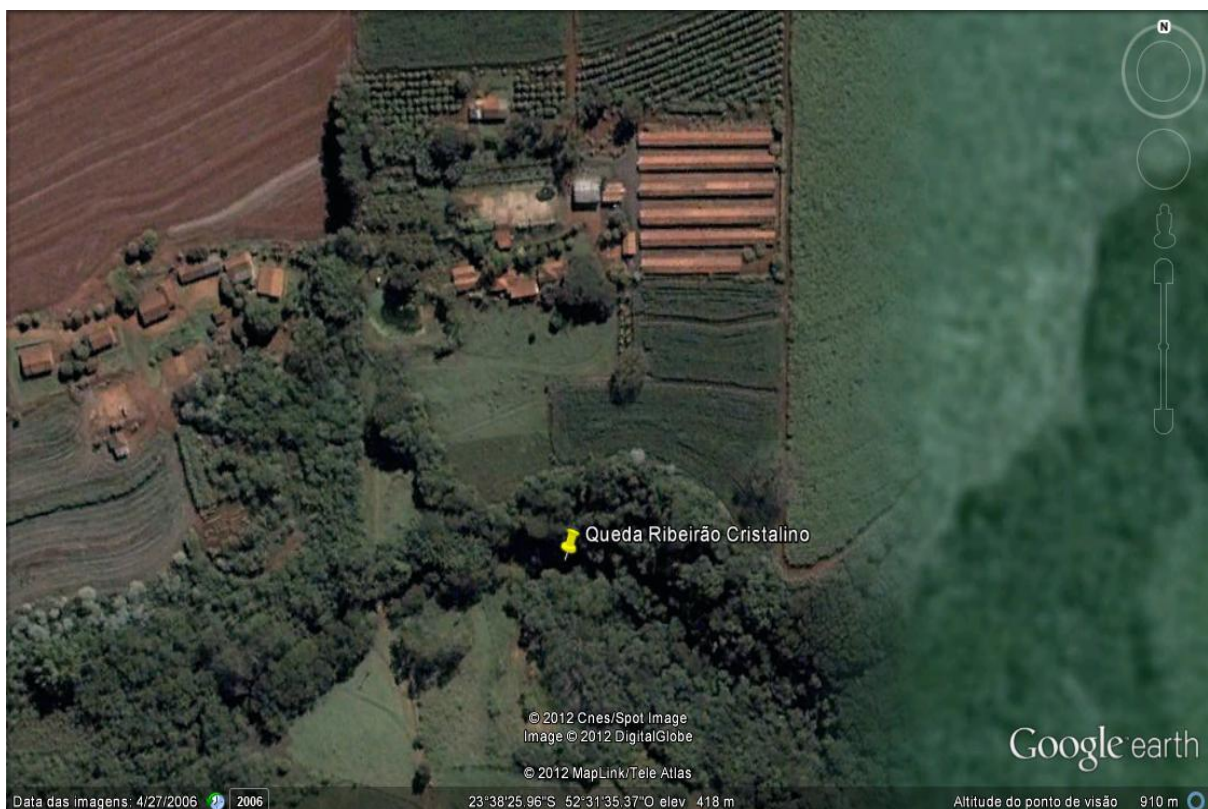
4.4. Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do RIBEIRÃO CRISTALINO.

Esta queda está situada, no Ribeirão Cristalino sob coordenadas geográficas 23°38'25.96"S – 52°31'35.37"O, onde o mesmo está inserido na bacia hidrográfica do Rio Ligeiro e este por sua vez situa-se na bacia hidrográfica do Rio Ivaí. Este ribeirão possui um extensão total de aproximadamente 11.800 metros até sua confluência com o Ligeiro; possui 6 afluentes.

O perfil da bacia hidrográfica do Ribeirão Cristalino com seus afluentes da nascente até o local de implantação da microcentral, está representado em uma planta no Apêndice B.

A propriedade rural onde está localizada a queda, conta com uma granja de ovos com seis aviários para o alojamento das aves de postura, uma residência sede, um paiol para fabricação de ração e uma sala para classificação e embalagem dos ovos.

Figura 4.4. Localização da Queda d' Água do Ribeirão Cristalino



Fonte: Google Earth (2012).

Figura 4.4.1. Imagem da Queda d' Água do Ribeirão Cristalino



Fonte: Própria (2013).

4.4.1. Determinação da potência aproveitável ou disponível da Queda d' água do RIBEIRÃO CRISTALINO

Conhecida a vazão (Q) do ribeirão que é de 0,33 m³/s, e a altura de queda (H) que é de 12,5 metros, bastará utilizar a fórmula seguinte para estimar a potência hidráulica disponível em kW:

$$PH = 6,2 \cdot Q \cdot H$$

$$PH = 6,2 \times 0,33 \times 12,5$$

$$\underline{PH = 25,57 \text{ kW}}$$

4.4.2. Escolha da turbina

Através dos resultados obtidos em campo, como vazão (Q) e altura de queda (H) em metros, pode-se encontrar o tipo de turbina recomendada interpolando as linhas oblíquas no Ábaco (FIGURA 3.5.1). Para a queda d' água do Ribeirão Cristalino, a turbina recomendada pela literatura, ou seja, pelo ábaco é a Turbina Michell Banki.

Em consulta as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, as turbinas indicadas para o aproveitamento hidrelétrico do Ribeirão Cristalino foram respectivamente:

Empresa 1: Turbina Pelton.

Empresa 2: Turbina Michell Banki.

4.4.3. Escolha do gerador

Através dos resultados obtidos interpolando as linhas oblíquas no ábaco, também pode-se calcular a Potência Elétrica (PE) que será fornecida pelo mesmo, para isso bastou multiplicar a Potência Mecânica (PM) fornecida pela turbina, cujo valor aproximado encontrado no ábaco foi de 22 kW, pelo coeficiente de rendimento do gerador, que normalmente é de 0,9 ou 90% para geradores nacionais, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$PE = PM . 0,9$$

$$PE = 22 \times 0,9$$

$$\underline{PE = 19,8 \text{ kW}}$$

Portanto a Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador da microcentral hidrelétrica do Ribeirão Cristalino é de 19,8 kW. Depois de conhecer a potência elétrica do gerador, bastará utilizar a Tabela 3.5 para fazer a escolha do gerador. Pretende-se neste caso utilizar um gerador trifásico, com escovas, de 127/220 V. Portanto, o gerador a ser utilizado deverá ser de 20 kW, que corresponde

a 25,0 kVA. Assim, a potência elétrica disponível para a propriedade será de 20 kW (20.000 Watts).

Assim como na escolha das turbinas, para a escolha do gerador também foram consultadas as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, e os geradores indicados para o aproveitamento hidrelétrico do Ribeirão Cristalino foram respectivamente:

Empresa 1: Gerador Trifásico 110/220 V de 30 kVA.

Empresa 2: Gerador Trifásico 110/220 V de 25 kVA.

4.4.4. Escolha do regulador

Para uma potência elétrica disponível de 20 kW, como neste caso da propriedade do Ribeirão Cristalino, o regulador recomendado pela literatura é o “Controlador Eletrônico”, indicado para potências inferiores a 20 kW, o qual funciona com a turbina operando com uma vazão de água constante, mantendo a frequência também constante.

4.4.5. Escolha do disjuntor de proteção

A fim de proteger o gerador da futura microcentral hidrelétrica contra sobrecargas; baseado no resultado encontrado, a literatura indica para potências entre 21 a 24 kW, Disjuntor de proteção de 80 A (amperes).

4.4.6. Determinação da demanda

Com os dados colhidos na Planilha de Campo, pode-se estimar a carga elétrica desejada e determinar a potência necessária ao seu suprimento, conforme a seguir:

Tabela 4.4.6. Demanda da propriedade

Tipo de Consumo	Quantidade	Potência (W)	Período provável de funcionamento
Residência:			
Lâmpadas incandescentes (60W)	8	480	18 às 24 horas
Freezer	1	130	0 às 0 horas
Geladeira	1	130	0 às 0 horas
Batedeira	1	200	14 às 15 horas
Liquidificador	1	300	11 às 12 horas
Microondas	1	1200	12 às 13 horas
Ferro elétrico	1	1000	16 às 17 horas
Lavadora de roupas	1	350	8 às 9 horas
Aparelho de DVD	1	50	22 às 23 horas
Aparelho de Som	1	80	13 às 16 horas
Computador	1	300	19 às 21 horas
Televisor	1	100	19 às 23 horas
Ventilador	3	360	20 às 7 horas
Chuveiro	1	3500	18 às 20 horas
Rádio relógio	1	5	0 às 0 horas
Cortador de Grama	1	500	9 às 10 horas
Aviários de Postura:			
Lâmpadas incandescentes (60W)	60	3600	18 às 21 horas
Criatório de pintainhos			
Lâmpadas incandescentes (60W)	10	600	18 às 7 horas
Lâmpadas incandescentes (250W)	16	4000	0 às 0 horas
Ventilador (1CV)	1	736	10 às 16 horas

Sala de classificação de ovos	---	---	---
Lâmpadas incandescentes (60W)	1	60	9 às 12 horas
Lâmpadas fluorescentes (40W)	1	80	9 às 12 horas
Classificadora de ovos (4CV)	1	2944	9 às 12 horas
Lava jato	1	1000	13 às 14 horas
Geladeira	1	130	0 às 0 horas
Fábrica de ração	---	---	---
Lâmpada incandescente (60W)	1	60	14 às 16 horas
Triturador de milho (5CV)	1	3680	14 às 16 horas
Misturador de ração (4CV)	1	2944	14 às 16 horas
Rosca sem fim (3 CV)	1	2208	14 às 15 horas
Compressor de ar	1	3000	8 às 9 horas
Captação d' água potável	---	---	---
Bomba d' água	1	450	7 às 17 horas
		Total	
		33977 W	

Conforme apresentado no Apêndice C, a demanda máxima, em kVA, para a fazenda, ocorre das 14 às 15 horas, com valor de 15553 W.

Para expressar a demanda total de cada horário em kVA, quando se tratar de cargas residenciais, como neste caso, basta dividir a demanda em W por 1.000 e o resultado obtido será convertido para kVA. Neste caso a demanda total em kVA consumida pela residência é de $1505 \text{ W} / 1000 = 1,50 \text{ kVA}$.

A potência de motores elétricos, normalmente, é expressa em CV. Para obter a potência útil (W), a partir da potência em CV, deve-se multiplicar pelo fator 736, ou seja: $1 \text{ CV} = 736 \text{ Watts}$. Assim, a potência útil (W) = potência (CV) x 736.

Potência total (kVA) = potência útil (W) / rendimento (%) x fator de

potência (decimal) x 10. Sendo o rendimento e o fator de potência fornecidos pelo fabricante.

Para expressar a potências dos motores elétricos desta propriedade em kVA, aplica-se a tabela abaixo:

Tabela 4.4.6.1. Potência dos motores elétricos da propriedade

Local	Equipamento	Potência (cv)	Potência Útil (Watt)	Rendimento (%)	Fator de potência (φ)	Potência Total (kVA)
Criatório de Pintainhos	Ventilador	1	736	85	0,88	0,98
Sala de Classificação de ovos	Classificador a de ovos	4	2944	85	0,88	3,93
Fábrica de ração	Triturador de milho	5	3680	85	0,88	4,91
	Misturador de ração	4	2944	85	0,88	3,93
	Rosca sem fim	3	2208	85	0,88	2,95
TOTAL						16,7 kVA

A demanda total dos motores elétricos absorvida pela rede é de 16,7 kVA. Somando a demanda requerida da residência que é de 1,50 kVA + 16,7 kVA de demanda dos motores eletricos, temos um total de 18,2 kVA, igual a 18200 Watts ou ainda 18,2 kW de demanda total do sistema da propriedade.

4.4.7. Determinação da potência a ser gerada

Para obter a potência máxima a ser gerada, calcula-se a Vazão Requerida (Qr), de modo a atender a carga máxima do sistema, aplicando a fórmula de acordo com (TIAGO FILHO,G.L., VIANA.A.N.C, 2010), onde:

$$Q_r = P_r / 6,2 \cdot H$$

$$Q_r = 18,2 / 6,2 \times 12,5$$

$$\underline{Q_r = 36,6 \text{ m}^3/\text{s}}$$

O valor de 36,6 m³/s corresponde a Vazão Requerida (Q_r) para que a microcentral atenda a carga máxima do sistema, ou seja, esta é a vazão necessária para que a turbina escolhida trabalhe para suprir a demanda de energia elétrica da propriedade que é de 18,2 kW.

4.4.8. Vazão Requerida (Q_r) e Vazão Disponível (Q)

Comparando os resultados da vazão requerida (Q_r) que é de 36,6 m³/s, com o da vazão disponível (Q) que é de 0,33 m³/s; subtrai-se da literatura o seguinte: Caso a vazão requerida (Q_r) seja maior que a vazão disponível (Q), então a central terá capacidade de atender uma carga superior a demanda requerida da propriedade. Sugere-se fazer um estudo de futuras expansões e que se adote uma vazão que atenda à carga futura.

No Ribeirão Cristalino a Vazão requerida (Q_r) também é maior que a vazão disponível (Q), então não será necessário construir a microcentral com regularização diária, ou seja, não haverá a necessidade de construção do reservatório para complementar a vazão.

4.4.9. Linha de transmissão da microcentral do Ribeirão Cristalino

Para transmissão da energia elétrica gerada pela microcentral, não será necessário o uso de transformadores, pois a distância do local de geração de energia até o ponto de consumo das cargas (sede da propriedade) é de aproximadamente 200 metros. Neste caso conforme a literatura, quando as distâncias forem inferiores a 500 metros, as cargas poderão ser atendidas na tensão de geração, sem utilizar transformadores. Deve ser dada preferência pela utilização

de cabos de alumínio nu, que são mais baratos e mais leves.

4.4.10. Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Ribeirão Cristalino

Com o aproveitamento do potencial energético da queda d' água do Ribeirão Cristalino, a potência a ser gerada pela microcentral de acordo com os resultados seria de 19,8 kW. Porém a demanda máxima da propriedade é de 18,2 kW.

Nessa óptica, tem-se que, considerando as grandezas acima, o aproveitamento hidráulico acima referenciado poderá gerar 14256 kWh/mês (19,8 kW x 720 horas no mês). No entanto, considerando as cargas instaladas nesta propriedade, o máximo consumo ou demanda a que se pode chegar é 13104 kWh/mês (18,2 kW x 720 horas no mês). Com isso, tem-se um excedente de geração de 1152 kWh/mês (14256 kWh – 13104 kWh).

Por outro lado, o perfil de consumo de uma propriedade rural como esta, segundo o banco de dados de uma concessionária de energia elétrica da região de Presidente Prudente/SP, é 0,4, isto é, o fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente em dado momento é de 40%, o que determina um consumo de 5241,60 kWh (13104 kWh x 40%). Assim, tem-se, neste cenário, um excedente de 9014,40 kWh (14256 kWh – 5241,60 kWh) e da mesma forma, seria possível atender a 1,7 outras unidades como esta. Embora ainda não se possa comercializar o excedente de energia (vendê-lo), mas o proprietário poderá, injetar a energia excedente na rede de distribuição das concessionárias, através do sistema de compensação de energia elétrica ou microgeração distribuída, regulamentada pela Resolução Normativa ANELL 482/2012.

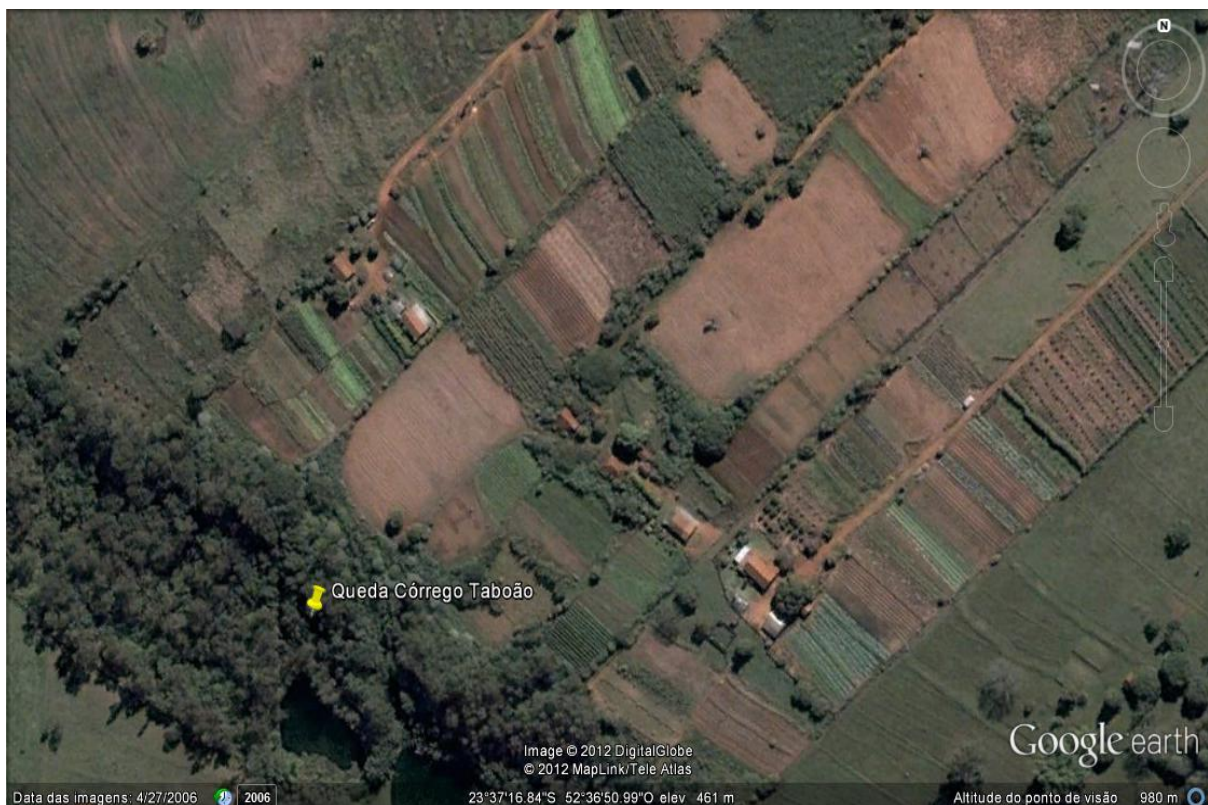
4.5. Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d'Água do CÓRREGO TABOÃO.

Esta queda está situada, no Córrego Taboão sob coordenadas geográficas $23^{\circ}37'16.84''\text{S}$ – $52^{\circ}36'50.99''\text{O}$, onde o mesmo está inserido na bacia hidrográfica do Ribeirão São Tomé e este por sua vez situa-se na bacia hidrográfica do Rio Ivaí.

O perfil da bacia hidrográfica do Córrego Taboão, da nascente até o local de implantação da microcentral, está representado em uma planta no Apêndice B.

Esta propriedade encontra-se com a residência desativada e a atividade predominante é a olericultura.

Figura 4.5. Localização da Queda d'Água do Córrego Taboão



Fonte: Google Earth (2012).

Figura 4.5.1. Imagem da Queda d' Água do Córrego Taboão



Fonte: Própria (2013).

4.5.1. Determinação da potência aproveitável ou disponível da Queda d' água do CÓRREGO TABOÃO.

Conhecida a vazão (Q) do córrego que é de 0,072 m³/s, e a altura de queda (H) que é de 5,5 metros, bastará utilizar a fórmula seguinte para estimar a potência hidráulica disponível em kW:

$$PH = 6,2 \cdot Q \cdot H$$

$$PH = 6,2 \times 0,072 \times 5,5$$

$$\underline{PH = 2,45 \text{ kW}}$$

4.5.2. Escolha da turbina

Através dos resultados obtidos em campo, como vazão (Q) e altura de queda (H) em metros, pode-se encontrar o tipo de turbina recomendada interpolando as linhas oblíquas no Ábaco (FIGURA 3.5.1). Para a queda d' água do Córrego Taboão, a turbina recomendada pela literatura, ou seja, pelo ábaco é a Turbina Francis caixa aberta.

Em consulta as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, as turbinas indicadas para o aproveitamento hidrelétrico do Córrego Taboão foram respectivamente:

Empresa 1: Turbina Pelton.

Empresa 2: Turbina Michell Banki.

4.5.3. Escolha do gerador

Através dos resultados obtidos interpolando as linhas oblíquas no ábaco, também pode-se calcular a Potência Elétrica (PE) que será fornecida pelo mesmo, para isso bastou multiplicar a Potência Mecânica (PM) fornecida pela turbina, cujo valor aproximado encontrado no abaco foi de 4 kW, pelo coeficiente de rendimento do gerador, que normalmente é de 0,9 ou 90% para geradores nacionais, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$PE = PM . 0,9$$

$$PE = 4 \times 0,9$$

$$\underline{PE = 3,6 \text{ kW}}$$

Portanto a Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador da microcentral hidrelétrica do Córrego Taboão é de 3,6 kW. Depois de conhecer a potência elétrica do gerador, bastará utilizar a Tabela 3.5 para fazer a escolha do gerador. Pretende-se neste caso utilizar um gerador trifásico, com escovas, de 127/220 V. Portanto, o gerador a ser utilizado deverá ser de 4 kW, que corresponde

a 5,0 kVA. Assim, a potência elétrica disponível para a propriedade será de 4 kW (4.000 Watts).

Assim como na escolha das turbinas, para a escolha do gerador também foram consultadas as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, e os geradores indicados para o aproveitamento hidrelétrico do Córrego Taboão foram respectivamente:

Empresa 1: Gerador Monofásico 110/220 V de 3 kVA.

Empresa 2: Gerador Monofásico 110/220 V de 1,7 kVA.

4.5.4. Escolha do regulador

Para uma potência elétrica disponível de 4 kW, como neste caso da propriedade do Córrego Taboão, o regulador recomendado pela literatura é o “Controlador Eletrônico”, indicado para potências inferiores a 20 kW, o qual funciona com a turbina operando com uma vazão de água constante, mantendo a frequência também constante.

4.5.5. Escolha do disjuntor de proteção

A fim de proteger o gerador da futura microcentral hidrelétrica contra sobrecargas; baseado no resultado encontrado, a literatura indica para potências entre 21 a 24 kW, Disjuntor de proteção de 80 A (amperes).

4.5.6. Determinação da demanda

Com os dados colhidos na Planilha de Campo, pode-se estimar a carga elétrica desejada e determinar a potência necessária ao seu suprimento,

conforme a seguir:

Tabela 4.5.6. Demanda da propriedade

Irrigação	---	---	---
Bomba d' água (10CV)	1	7360	8 às 12 horas
Bomba d' água (7CV)	1	5152	15 às 17 horas
		Total	
		12512 W	

Vê-se que a demanda total da propriedade é de 12512 Watts. Se todos os equipamentos fossem ligados ao mesmo tempo, seria necessário gerar na microcentral uma potência igual ou superior a esse valor.

Entretanto, felizmente, as cargas não são ligadas todas simultaneamente e sim de acordo com as atividades ao longo do dia na propriedade.

A demanda total em cada horário, é obtida, somando-se as demandas existentes em cada ponto de consumo no respectivo horário, por exemplo, às oito horas da manhã existe uma demanda de 7360 Watts, ou 7,36 kW.

Para expressar a demanda total de cada horário em kVA, quando se tratar de cargas residenciais, como neste caso, basta dividir a demanda em W por 1.000 e o resultado obtido será convertido para kVA.

Conforme apresentado no Apêndice C, a demanda máxima, em kVA, para a fazenda, ocorre das 8 às 12 horas, com valor de 7360 W = 7,36 kVA.

4.5.7. Determinação da potência a ser gerada

Para obter a potência máxima a ser gerada, calcula-se a vazão requerida, de modo a atender a carga máxima do sistema, aplicando a fórmula de acordo com (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C, 2010), onde:

$$Qr = Pr / 6,2 \cdot H$$

$$Qr = 7,36 / 6,2 \times 5,5$$

$$\underline{Qr = 6,5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

O valor de $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ corresponde a Vazão Requerida (Q_r) para que a microcentral atenda a carga máxima do sistema, ou seja, esta é a vazão necessária para que a turbina escolhida trabalhe para suprir a demanda de energia elétrica da propriedade que é de $7,36 \text{ kW}$.

4.5.8. Vazão Requerida (Q_r) e Vazão Disponível (Q)

Comparando os resultados da vazão requerida (Q_r) que é de $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, com o da vazão disponível que é de $0,0072 \text{ m}^3/\text{s}$; subtrai-se da literatura o seguinte: Caso a Vazão Requerida (Q_r) seja maior que a vazão disponível (Q), então a central terá capacidade de atender uma carga superior a demanda requerida da propriedade. Sugere-se fazer um estudo de futuras expansões e que se adote uma vazão que atenda à carga futura.

No Córrego Taboão a Vazão Requerida (Q_r) é maior que a vazão disponível (Q), então não será necessário construir a microcentral com regularização diária, ou seja, não haverá a necessidade de construção do reservatório para complementar a vazão.

4.5.9. Linha de transmissão da microcentral do Córrego Taboão

Para transmissão da energia elétrica gerada pela microcentral, não será necessário o uso de transformadores, pois a distância do local de geração de energia até o ponto de consumo das cargas (sede da propriedade) é de aproximadamente 150 metros. Neste caso conforme a literatura, quando as distâncias forem inferiores a 500 metros, as cargas poderão ser atendidas na tensão de geração, sem utilizar transformadores. Deve ser dada preferência pela utilização de cabos de alumínio nu, que são mais baratos e mais leves.

4.5.10. Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Córrego Taboão

Com o aproveitamento do potencial energético da queda d' água do Córrego Taboão, a potência a ser gerada pela microcentral de acordo com os resultados seria de 3,6 kW. Porém a demanda máxima da propriedade é de 7,36 kW.

Nessa óptica, tem-se que, considerando as grandezas acima, o aproveitamento hidráulico acima referenciado poderá gerar 2592 kWh/mês (3,6 kW x 720 horas no mês). No entanto, considerando as cargas instaladas nesta propriedade, o máximo consumo ou demanda a que se pode chegar é 5299,20 kWh/mês (7,36 kW x 720 horas no mês). Com isso, ao contrário dos aproveitamentos hidrelétricos anteriores tem-se um déficit de geração de 2707,2 kWh/mês (2592 kWh – 5299,2 kWh).

Por outro lado, o perfil de consumo de uma propriedade rural como esta, segundo o banco de dados de uma concessionária de energia elétrica da região de Presidente Prudente/SP, é 0,4, isto é, o fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente em dado momento é de 40%, o que determina um consumo de 2119,68 kWh (5299,20 kWh x 40%). Assim, tem-se, neste cenário, um excedente de 472 kWh (2592 kWh – 2119,68 kWh). Embora ainda não se possa comercializar o excedente de energia (vendê-lo), mas o proprietário poderá, injetar a energia excedente na rede de distribuição das concessionárias, através do sistema de compensação de energia elétrica ou microgeração distribuída, regulamentada pela Resolução Normativa ANELL 482/2012.

4.6. Caracterização do Aproveitamento do Potencial Energético da Queda d' Água do CÓRREGO SAPEZAL.

Esta queda está situada, no Córrego Sapezal sob coordenadas geográficas 23°35'36.64"S – 52°38'58.17"O, onde o mesmo está inserido na bacia hidrográfica do Rio dos Índios e este por sua vez situa-se na bacia hidrográfica do Rio Ivaí.

O perfil da bacia hidrográfica do Córrego Sapezal, da nascente até o local de implantação da microcentral, está representado em uma planta no Apêndice B.

Esta propriedade possui uma residência e sede e um paiol para o abrigo de equipamentos. A atividade predominante nesta propriedade é a pecuária.

Figura 4.6. Localização da Queda d' Água do Córrego Sapezal



Fonte: Google Earth (2012).

Figura 4.6.1. Imagem da Queda d' Água do Córrego Sapezal



Fonte: Própria (2013).

4.6.1. Determinação da potência aproveitável ou disponível da Queda d' água do CÓRREGO SAPEZAL.

Conhecida a vazão (Q) do córrego que é de 0,042 m³/s, e a altura de queda (H) que é de 7 metros, bastará utilizar a fórmula seguinte para estimar a potência hidráulica disponível em kW:

$$PH = 6,2 \cdot Q \cdot H$$

$$PH = 6,2 \times 0,042 \times 7$$

$$\underline{PH = 1,82 \text{ kW}}$$

4.6.2. Escolha da turbina

Através dos resultados obtidos em campo, como vazão (Q) e altura de queda (H) em metros, pode-se encontrar o tipo de turbina recomendada interpolando as linhas oblíquas no Ábaco (FIGURA 3.5.1). Para a queda d' água do Córrego Sapezal, a turbina recomendada pela literatura, ou seja, pelo ábaco é a Turbina Pelton.

Em consulta as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, as turbinas indicadas para o aproveitamento hidrelétrico do Córrego Sapezal foram respectivamente:

Empresa 1: Turbina Pelton.

Empresa 2: Turbina Michell Banki.

4.6.3. Escolha do gerador

Através dos resultados obtidos interpolando as linhas oblíquas no ábaco, também pode-se calcular a Potência Elétrica (PE) que será fornecida pelo mesmo, para isso bastou multiplicar a Potência Mecânica (PM) fornecida pela turbina, cujo valor aproximado encontrado no abaco foi de 3 kW, pelo coeficiente de rendimento do gerador, que normalmente é de 0,9 ou 90% para geradores nacionais, utilizando-se da seguinte fórmula:

$$PE = PM . 0,9$$

$$PE = 3 \times 0,9$$

$$\underline{PE = 2,7 \text{ kW}}$$

Portanto a Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador da microcentral hidrelétrica do Córrego Sapezal é de 2,7 kW. Depois de conhecer a potência elétrica do gerador, bastará utilizar a Tabela 3.5 para fazer a escolha do gerador. Pretende-se neste caso utilizar um gerador monofásico, com escovas, de 127/220 V. Portanto, o gerador a ser utilizado deverá ser de 2 kW, que corresponde

a 2,5 kVA. Assim, a potência elétrica disponível para a propriedade será de 2 kW (2.000 Watts).

Assim como na escolha das turbinas, para a escolha do gerador também foram consultadas as duas empresas especializadas em equipamentos hidromecânicos, e os geradores indicados para o aproveitamento hidrelétrico do Córrego Sapezal foram respectivamente:

Empresa 1: Gerador Trifásico 110/220 V de 5 kVA.

Empresa 2: Gerador Monofásico 110/220 V de 2 kVA.

4.6.4. Escolha do regulador

Para uma potência elétrica disponível de 2 kW, como neste caso da propriedade do Córrego Sapezal, o regulador recomendado pela literatura é o “Controlador Eletrônico”, indicado para potências inferiores a 20 kW, o qual funciona com a turbina operando com uma vazão de água constante, mantendo a frequência também constante.

4.6.5. Escolha do disjuntor de proteção

A fim de proteger o gerador da futura microcentral hidrelétrica contra sobrecargas; baseado no resultado encontrado, a literatura indica para potências entre 21 a 24 kW, Disjuntor de proteção de 80 A (amperes).

4.6.6. Determinação da demanda

Com os dados colhidos na Planilha de Campo, pode-se estimar a carga elétrica desejada e determinar a potência necessária ao seu suprimento, conforme a seguir:

Tabela 4.6.6. Demanda da propriedade

Tipo de Consumo	Quantidade	Potência (W)	Período provável de funcionamento
Residência:	---	---	---
Lâmpadas fluorescentes (9W)	8	72	18 às 23 horas
Freezer	1	130	0 às 0 horas
Geladeira	2	130	0 às 0 horas
Batedeira	1	200	14 às 15 horas
Liquidificador	1	300	11 às 12 horas
Microondas	1	1200	12 às 13 horas
Ferro elétrico	1	1000	16 às 17 horas
Lavadora de roupas	1	350	8 às 9 horas
Aparelho de DVD	1	50	22 às 23 horas
Aparelho de Som	1	80	13 às 16 horas
Computador	1	300	19 às 21 horas
Televisor	2	200	19 às 23 horas
Ventilador	3	360	20 às 7 horas
Chuveiro	2	7000	18 às 20 horas
Rádio relógio	1	5	0 às 0 horas
Cortador de Grama	1	500	9 às 10 horas
Motobomba da piscina	1	368	13 às 18 horas
Captação d' água potável	---	---	---
Bomba d' água	1	450	16 às 17 horas
		Total	
		12695 W	

Vê-se que a demanda total da propriedade é de 12695 Watts. Se todos os equipamentos fossem ligados ao mesmo tempo, seria necessário gerar na microcentral uma potência igual ou superior a esse valor.

Entretanto, felizmente, as cargas não são ligadas todas simultaneamente e sim de acordo com as atividades ao longo do dia na propriedade.

A demanda total em cada horário, é obtida, somando-se as demandas existentes em cada ponto de consumo no respectivo horário, por exemplo, às dezoito horas existe uma demanda de 4467 Watts, ou 4,46 kW.

Para expressar a demanda total de cada horário em kVA, quando se tratar de cargas residenciais, como neste caso, basta dividir a demanda em W por 1.000 e o resultado obtido será convertido para kVA.

Conforme apresentado no Apêndice C, a demanda máxima, em kVA, para a propriedade rural, ocorre das 19 às 20 horas, com valor de 4467 W = 4,46 kVA.

4.6.7. Determinação da potência a ser gerada

Para obter a potência máxima a ser gerada, calcula-se a vazão requerida, de modo a atender a carga máxima do sistema, aplicando a fórmula de acordo com (TIAGO FILHO, G.L., VIANA, A.N.C., 2010), onde:

$$Q_r = P_r / 6,2 \cdot H$$

$$Q_r = 4,46 / 6,2 \times 7$$

$$\underline{Q_r = 5,03 \text{ m}^3/\text{s}}$$

O valor de 5,03 m³/s corresponde a vazão requerida (Q_r) para que a microcentral atenda a carga máxima do sistema, ou seja, esta é a vazão necessária para que a turbina escolhida trabalhe para suprir a demanda de energia elétrica da propriedade que é de 4,46 kW.

4.6.8. Vazão Requerida (Q_r) e Vazão Disponível (Q)

Comparando os resultados da vazão requerida (Q_r) que é de 5,03 m³/s, com o da vazão disponível que é de 0,042 m³/s; subtrai-se da literatura o seguinte: Caso a vazão requerida (Q_r) seja maior que a vazão disponível (Q), então

a central terá capacidade de atender uma carga superior a demanda requerida da propriedade. Sugere-se fazer um estudo de futuras expansões e que se adote uma vazão que atenda à carga futura.

No Córrego Sapezal a Vazão Requerida (Q_r) é maior que a vazão disponível (Q), então não será necessário construir a microcentral com regularização diária, ou seja, não haverá a necessidade de construção do reservatório para complementar a vazão.

4.6.9. Linha de transmissão da microcentral do Córrego Sapezal

Para transmissão da energia elétrica gerada pela microcentral, não será necessário o uso de transformadores, pois a distância do local de geração de energia até o ponto de consumo das cargas (sede da propriedade) é de aproximadamente 250 metros. Neste caso conforme a literatura, quando as distâncias forem inferiores a 500 metros, as cargas poderão ser atendidas na tensão de geração, sem utilizar transformadores. Deve ser dada preferência pela utilização de cabos de alumínio nu, que são mais baratos e mais leves.

4.6.10. Produção e consumo de energia elétrica e o benefício da implantação da microcentral Córrego Sapezal

Com o aproveitamento do potencial energético da queda d' água do Córrego Sapezal, a potência a ser gerada pela microcentral de acordo com os resultados seria de 2,7 kW. Porém a demanda máxima da propriedade é de 4,46 kW.

Nessa óptica, tem-se que, considerando as grandezas acima, o aproveitamento hidráulico acima referenciado poderá gerar 1944 kWh/mês (2,7 kW x 720 horas no mês). No entanto, considerando as cargas instaladas nesta propriedade, o máximo consumo ou demanda a que se pode chegar é 3211,20 kWh/mês (4,46 kW x 720 horas no mês). Com isso, ao contrário dos

aproveitamentos hidrelétricos anteriores tem-se um déficit de geração de 1267,20 kWh/mês (1944 kWh – 3211,20 kWh).

Por outro lado, o perfil de consumo de uma propriedade rural como esta, segundo o banco de dados de uma concessionária de energia elétrica da região de Presidente Prudente/SP, é 0,4, isto é, o fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente em dado momento é de 40%, o que determina um consumo de 1284,48 kWh (3211,20 kWh x 40%). Assim, tem-se, neste cenário, um excedente de 660 kWh (1944 kWh – 1284,48 kWh). Embora ainda não se possa comercializar o excedente de energia (vendê-lo), mas o proprietário poderá, injetar a energia excedente na rede de distribuição das concessionárias, através do sistema de compensação de energia elétrica ou microgeração distribuída, regulamentada pela Resolução Normativa ANELL 482/2012.

Esta propriedade, é servida pela rede monofásica de distribuição de energia elétrica da Companhia Paranaense de Energia – COPEL. Com interpolação dos resultados no ábaco e na tabela o gerador indicado para ser utilizado nesta microcentral é o monofásico; porém as duas empresas consultadas indicaram geradores trifásicos de 110/220 V, o que viabilizaria a utilização de equipamentos trifásicos que consomem menos energia e são mais baratos comparado aos monofásicos.

4.7. Possíveis Intervenções e Impactos Ambientais nos Locais de Implantação da Microcentrais Hidrelétricas

Embora as obras para implantação das microcentrais hidrelétricas sejam de baixo impacto ambiental; alguns impactos pontuais poderão surgir durante as implantações. Fazendo uma análise prévia dos possíveis impactos na fase de implantação das microcentrais hidrelétricas, podemos citar:

a) Corte raso de algumas espécies nativas na área de preservação permanente, para facilitar o transporte dos materiais de construção para as pequenas obras civis, equipamentos hidromecânicos, bem como a linha de transmissão.

b) Pisoteamento e compactação da serrapilheira.

- c) Surgimento de possíveis focos de erosão superficial, no solo parcialmente descoberto.
- d) Construção da pequena casa de máquinas;
- e) Diminuição do volume de queda d' água, pois parte desta vazão será desviada para o sistema de captação de água.
- f) Intervenção na paisagem com a instalação da tomada d' água, tubulação forçada, casa de máquinas e linhas de transmissão.

Como medidas mitigadoras sugere-se:

- 1) Abrir o um corredor estreito, se possível do tamanho da maior peça ou material a ser transportado, evitando assim cortes desnecessários na vegetação.
- 2) Colocação de pranchas de madeira sobre a serrapilheira para facilitar o deslocamento dos trabalhadores e dos carrinhos de mão, evitando assim pisoteamento e compactação.
- 3) Construção de pequenas curvas ou caixas de contenção para evitar o surgimento de erosões e o carreamento de particulados ao corpo d' água.
- 4) Elaborar um plano de recuperação para o local degradado, com o replantio e enriquecimento da vegetação cortada.
- 5) Sob a rede de transmissão plantar espécies nativas de porte arbustivo ou baixo.
- 6) Instalação do canteiro de obras para montagem e guarda de materiais fora da área de preservação permanente.

5. DISCUSSÃO

5.1. Escolha da Turbina e do Gerador

Embora existam diversos modelos de turbinas e geradores disponíveis no mercado, a literatura consultada indicou o mesmo tipo de turbina para dois aproveitamentos e para o mesmo tipo de gerador para três dos quatro aproveitamentos hidrelétricos estudados. Porém os resultados das consultas realizadas as duas empresas especializadas no fornecimento de equipamentos para geração de energia, algumas recomendações foram feitas e obteve-se as seguintes alternativas:

Tabela 5.1. Alternativas de equipamentos indicados para as quatro quedas d' água

	Ribeirão Bolivar	Ribeirão Cristalino	Córrego Taboão	Córrego Sapezal
Turbina indicada pela literatura	Turbina Francis caixa aberta	Turbina Michell Banki	Turbina Francis caixa aberta	Turbina Pelton
Gerador indicado pela literatura	Gerador Trifásico 127/220 V de 31,3 kVA	Gerador Trifásico 127/220 V de 25,0 kVA	Gerador Trifásico 127/220 V de 5,0 kVA	Gerador Monofásico 127/220 V de 2,5 kVA
Turbina recomendada pela empresa 1	Turbina Pelton	Turbina Pelton	Turbina Pelton	Turbina Pelton
Gerador recomendado pela empresa 1	Gerador Trifásico 110/220 V de 20 kVA	Gerador Trifásico 110/220 V de 30 kVA	Gerador Monofásico 110/220 V de 3 kVA	Gerador Trifásico 110/220 V de 5 kVA
Turbina recomendada pela empresa 2	Turbina Michell Banki	Turbina Michell Banki	Turbina Michell Banki	Turbina Michell Banki

Gerador recomendado pela empresa 2	Gerador Trifásico 110/220 V de 18 kVA	Gerador Trifásico 110/220 V de 25 kVA	Gerador Monofásico de 110/220 V de 1,7 kVA	Gerador Monofásico 110/220 V de 2 kVA
---	---------------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------------------------

5.2. Demanda, Potência Elétrica (PE) a ser fornecida pelo gerador e a Potência Requerida pela Propriedade

As demandas de energia elétrica nas propriedades do Ribeirão Bolivar e Córrego Sapezal consistem primordialmente no consumo residencial e de poucos equipamentos utilizados nas atividades agropecuárias desenvolvidas na propriedade. Na propriedade do Ribeirão Cristalino a demanda de energia elétrica se distribui na residência e na granja de ovos. Já na propriedade do Córrego Taboão a demanda será apenas no sistema de irrigação da atividade de horticultura, pois nesta propriedade não existe residência.

Ainda de acordo com a literatura; de posse do valor da potência elétrica a ser fornecida pelo gerador, será preciso considerar três situações distintas, ou seja:

- 1) Potência elétrica fornecida maior que a requerida: neste caso, não será necessário utilizar toda a vazão de água disponível;
- 2) Potência elétrica fornecida igual à potência requerida: neste caso, utiliza-se toda a vazão de água e o sistema trabalhará sempre a plena carga;
- 3) Potência elétrica fornecida inferior à potência requerida: neste caso, será necessário fazer um planejamento de utilização das cargas, por meio de um quadro de demandas.

No caso da queda d' água do Ribeirão Bolivar, a potência elétrica a ser fornecida pelo gerador será de 22,9 kW ou 16488 kWh/mês e a potência elétrica requerida pela propriedade é de 4,96 kW ou 3571,2 kWh/mês. Multiplicando a potência elétrica requerida, pelo fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente que em dado momento é de 40%, obtem-se o resultado de 1428,48 kWh de potência requerida. Portanto como a potência a ser fornecida é maior que a requerida, não será necessário utilizar toda a vazão disponível. Porém o gerador indicado pela literatura na Tabela 3.5, que suprirá a potência a ser

fornecida, deverá ser de 25 kW, que corresponde a 31,3 kVA.

Para a queda d' água do Ribeirão Cristalino, a potência elétrica a ser fornecida pelo gerador será de 19,8 kW ou 14256 kWh/mês e a potência elétrica requerida pela propriedade é de 18,2 kW ou 13104 kWh/mês. Multiplicando a potência elétrica requerida, pelo fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente que em dado momento é de 40%, obtem-se o resultado de 5241,60 kWh de potência requerida. Portanto como a potência a ser fornecida é maior que a requerida, não será necessário utilizar toda a vazão disponível. O gerador indicado para suprir a potência a ser fornecida, deverá ser de 20 kW, que corresponde a 25,0 kVA.

Na queda d' água do Córrego Taboão, a potência elétrica a ser fornecida pelo gerador será de 3,6 kW ou 2592 kWh/mês e a potência elétrica requerida pela propriedade é de 7,36 kW ou 5299,20 kWh/mês. Multiplicando a potência elétrica requerida, pelo fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente que em dado momento é de 40%, obtem-se o resultado de 2119,68 kWh de potência requerida. Portanto como a potência a ser fornecida é maior que a requerida, não será necessário utilizar toda a vazão disponível. O gerador indicado pela Tabela 3.5, para suprir a potência a ser fornecida, deverá ser de 4 kW, que corresponde a 5,0 kVA.

Para a queda d' água do Córrego Sapezal, a potência elétrica a ser fornecida pelo gerador será de 2,7 kW ou 1944 kWh/mês e a potência elétrica requerida pela propriedade é de 4,46 kW ou 3211,20 kWh/mês. Multiplicando a potência elétrica requerida, pelo fator de coincidência das cargas ligadas simultaneamente que em dado momento é de 40%, obtem-se o resultado de 1284,48 kWh de potência requerida. Portanto como a potência a ser fornecida é maior que a requerida, não será necessário utilizar toda a vazão disponível. O gerador indicado para suprir a potência a ser fornecida, deverá ser de 2 kW, que corresponde a 2,5 kVA.

Em todas as quedas avaliadas a potência a ser gerada excedeu a demanda requerida acima de 10%, superando o recomendado pela teoria.

A literatura indicou o uso de geradores trifásicos de 127/220 V, para as microcentrais do Ribeirão Bolivar, Ribeirão Cristalino e Córrego Taboão e gerador monofásico de 127/220V para o Córrego Sapezal. Já a empresa 1 indicou geradores trifásicos de 110/220 V para as quedas d' água do Ribeirão Bolivar, Ribeirão

Cristalino e Córrego Sapezal e gerador monofásico de 110/220 V para a queda d' água do Córrego Taboão. A empresa 2 indicou geradores trifásicos de 110/220 V para as quedas d' água do Ribeirão Bolivar e Ribeirão Cristalino e geradores monofásicos para as quedas d' água do Córrego Taboão e Córrego Sapezal.

5.3. Controle de tensão e frequência

O sistema de controle de tensão e frequência é necessário para manter constante a tensão e a frequência elétrica de geração. No aproveitamento hidrelétrico do Ribeirão Bolivar foi indicado o Regulador Hidráulico que atua automaticamente no distribuidor de água, instalado no interior da turbina, abrindo ou fechando o distribuidor para manter a rotação constante.

Para os outros três aproveitamentos, ou seja, Ribeirão Cristalino, Córrego Taboão e Córrego Sapezal, foi indicado o Controlador Eletrônico que é formado por um conjunto de componentes eletrônicos e elétricos, que possibilita quando apenas parte da potência elétrica estiver sendo consumida, o excedente de potência seja consumido em um sistema denominado "carga de lastro"; ligado a uma caixa d' água, dissipando tal excedente de energia no aquecimento da água através de resistências industriais. Neste caso, bem como em outros, em que a microcentral estiver com energia elétrica excedente, poderá ser adotado a microgeração distribuída, conforme a Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012, que permite aos microgeradores geradores, injetar a energia excedente na rede de distribuição das concessionárias, através do sistema de compensação de energia elétrica, que será convertido em crédito de energia válido por 36 meses e que poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes, ou de outra unidade do mesmo titular.

5.4. Impactos ambientais

Mesmos que os impactos ambientais sejam baixos e pontuais serão

necessários durante a efetiva implantação das microcentrais hidrelétricas colocar em prática as medidas mitigadoras e compensatórias. O órgão ambiental competente, na emissão da licença de instalação e licença de operação estabelece condicionantes ambientais, visando a proteção e preservação das áreas de preservação permanente, corpos d' água e entorno; essas condicionantes, bem como as medidas mitigadoras e compensatórias, deverão ser cumpridas na íntegra, caso contrário o proprietário estará sujeito a sanções administrativas e penais.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial para implantação de microcentrais hidrelétricas, aproveitando as quedas d' água disponíveis em quatro propriedades rurais no município de Cianorte/PR.

Foram realizadas visitas à campo, levantamentos topográficos para determinação de altura das quedas, coleta de dados e cálculos para determinação das vazões dos quatro corpos d' água e levantamentos das cargas elétricas das propriedades. Infere-se dos resultados obtidos, a viabilidade na implantação da microcentrais em todas as quedas, considerando primordialmente altura e vazões d' água suficientes, para manter a rotação das turbinas no período de estiagem.

As turbinas indicadas pela literatura foram as mesmas para duas das quatro quedas d' água estudadas; no entanto cada uma das empresas consultadas, recomendou o mesmo modelo de turbina para todas as quedas avaliadas: turbinas Pelton pela empresa 1 e turbinas Michel Banki pela empresa 2, diferenciando apenas sobre o tipo do gerador a ser implantado. Diante dos resultados, as turbinas recomendadas para serem utilizadas foram as Turbinas Pelton e Michell-Banki, por apresentarem facilidade de instalação e melhor rendimento na conversão de energia hidráulica em energia mecânica. Avaliando o conjunto turbina, gerador e potência elétrica a ser fornecida, a empresa 1 indicou o melhor conjunto: Turbina Pelton com geradores trifásicos para três quedas (Ribeirão Bolivar, Ribeirão Cristalino e Córrego Sapezal), e monofásico para uma (Córrego Taboão).

A geração de energia elétrica nas microcentrais hidrelétricas do Ribeirão Bolivar e Ribeirão Cristalino, por serem os dois maiores aproveitamentos em termos de vazão, superaram as demandas das propriedades, gerando inclusive um superávit de produção de energia, podendo o excedente ser utilizado na ampliação ou uso de outros equipamentos nas propriedades; bem como ser incorporado a rede de distribuição da Copel, no sistema de compensação de energia elétrica. Porém a geração de energia nas microcentrais hidrelétricas dos Córregos Taboão e Sapezal, apresentaram um superávit relativamente baixo em comparação aos resultados dos ribeirões, mas ainda é vantajoso aos proprietários também inserirem os excedentes de energia elétrica na rede de distribuição, através do sistema de compensação, enquanto ainda não seja possível obter receitas com a

comercialização, ou seja, com a venda destes excedentes.

Os impactos ambientais na implantação das quatro microcentrais hidrelétricas são considerados baixos ou de pequena monta para o ambiente, mesmo assim na realização do processo de licenciamento ambiental; durante e após a implantação, serão necessários colocar em prática as medidas mitigadoras e compensatórias, aprovadas e exigidas pelos órgãos competentes.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Resolução nº 482 de 17 de Abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19/04/2012.

ÁGUAS PARANÁ, Instituto das Águas do Paraná, **Outorga de uso recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br>>.

BALARIM.C.R. **Avaliação expedita do custo de implantação de micro centrais hidrelétricas**. Botucatu-SP. Dissertação de Mestrado. UNESP. 1996. 162 páginas.

BELUCO.A. **Viabilidade de microcentrais hidrelétricas baseadas no emprego de equipamentos de mercado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS.1994. 170 páginas.

BRASIL. Decreto nº 2.003 de 11 de Setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11/09/1996.

BRASIL. Lei Federal nº 9.074 de 07 de Julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 07/07/1996.

CARVALHO, T.M. **Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais**. Volume 01 n.01. Recife-PE, RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física. 2008. 12 páginas.

CIOFFI, H; PRAXEDES, I. G; VARELLA, I. A. T; MESQUITA, W. K. **Cianorte Sua História Contada pelos Pioneiros**. Cianorte-PR. 1995. 444 páginas.

Companhia Paranaense de Energia, COPEL. **Micro e Minigeração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=/hpcopel>>. Acesso em: 15/01/2014.

Companhia Paranaense de Energia, COPEL. **Simulador de consumo de energia**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso em: 04/11/2013.

CONAMA. Resolução nº 001 de 23 de Janeiro de 1986. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17/02/1986.

ELETROBRÁS. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de microcentrais hidrelétricas**. Rio de Janeiro-RJ. 1985. 344 páginas.

ELETROBRÁS. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Brasília-DF. 2010. Disponível em: <[www.eletronbras.com/elb/services/.../FileDownload.EZTSvc.asp?...>. Acesso em: 23/08/2013.](http://www.eletronbras.com/elb/services/.../FileDownload.EZTSvc.asp?...)

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanco Energético Nacional - BEN**. Rio de Janeiro-RJ. EPE. 2013. 288 páginas.

NOGUEIRA.F.J.H. **Microcentrais hidrelétricas**. Série Energias Renováveis. Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão de Itajubá. Itajubá-MG. 2007. 32 páginas.

PARANÁ. Governo do Estado do Paraná. Decreto nº 4.646, de 31 de Agosto de 2001. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná nº 6062**, Curitiba / PR, 31/08/2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente; Instituto Ambiental do Paraná. Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 03 de Novembro de 2010. Dá nova redação a Resolução Conjunta SEMA/IAP nº. 005/2010, estabelecendo procedimentos para licenciamentos de unidades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Estado do Paraná.

STANO JUNIOR, A. **Energias renováveis**. Série Energias Renováveis. Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão de Itajubá. Itajubá-MG. 2007. 44 páginas.

TIAGO FILHO, G.L.; VIANA, A.N.C; LOPES, J.D.S. **Como montar e operar uma microusina hidrelétrica na fazenda**. Viçosa-MG. CPT. 2010. 330 páginas.

TIAGO FILHO,G.L. **Pequenos Aproveitamentos Hidroelétricos (Soluções Energéticas para a Amazônica)**. Brasília-DF. Ministério de Minas e Energia. 2008. 216 páginas.

URSAIA.G.C. **A regulação da microgeração e minigeração de energia no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ambientelegal.com.br/a-regulacao-da-microgeracao-e-minigeracao-de-energia-no-brasil/>>. Acesso em: 20/01/2014.

VIANA, F.G; VIANA, A.N.C. **Microcentrais hidrelétricas: Alternativas às comunidades rurais isoladas.** São Paulo. 2004. Disponível em: <<http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CBPE2004/Artigos/MICROCENTRAIS%20HIDREL%C9TRICAS%20%20ALTERNATIVA%20%20COMUNIDADE%20RURIS.pdf>>. Acesso em 27/04/2013.

APÊNDICES

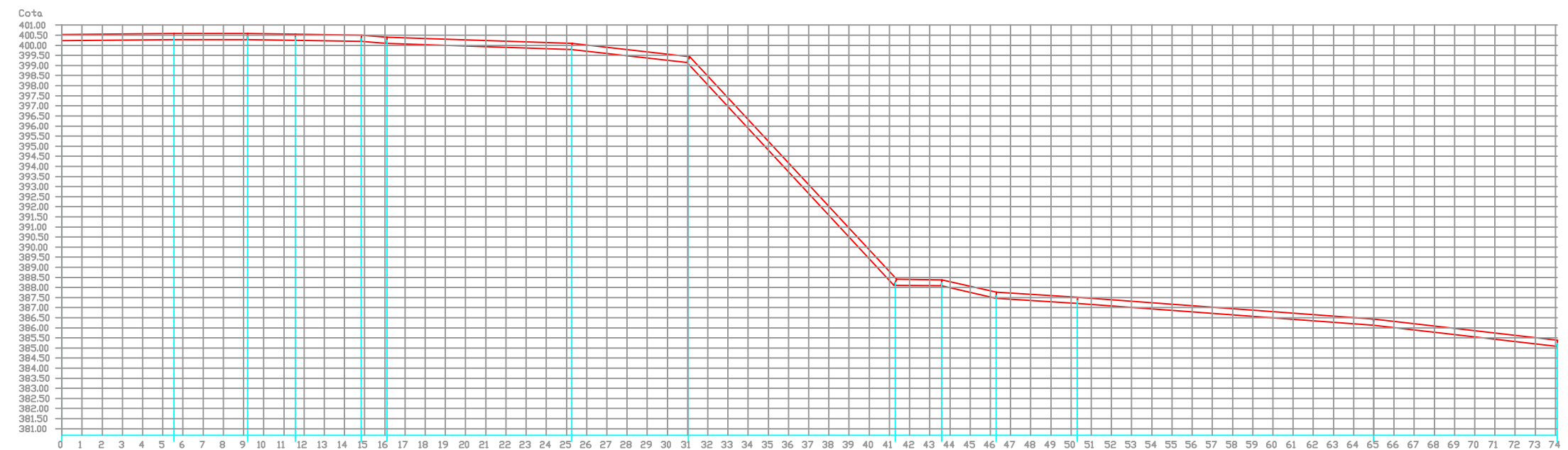
APÊNDICE A

Levantamentos Topográficos Altimétricos (Altura de Queda Bruta (H) – Perfil Longitudinal)

Levantamento Topográfico Altimétrico

PERGIL LONGITUDINAL – Queda d' água Ribeirão Cristalino

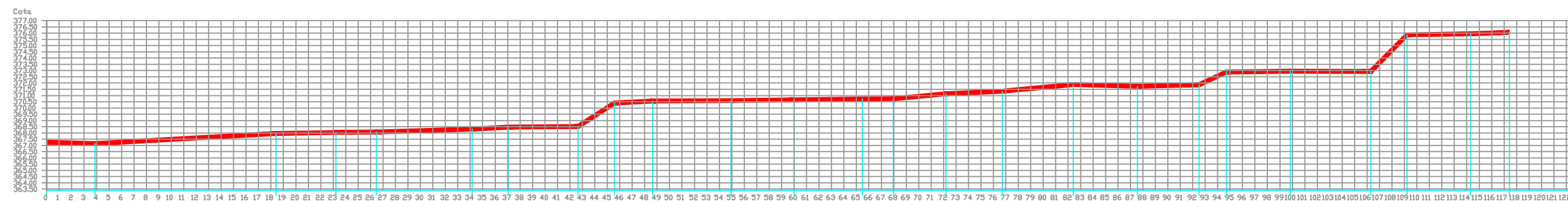
PERFIL LONGITUDINAL



Levantamento Topográfico Altimétrico

PERFIL LONGITUDINAL – Queda d' água do Ribeirão Bolivar

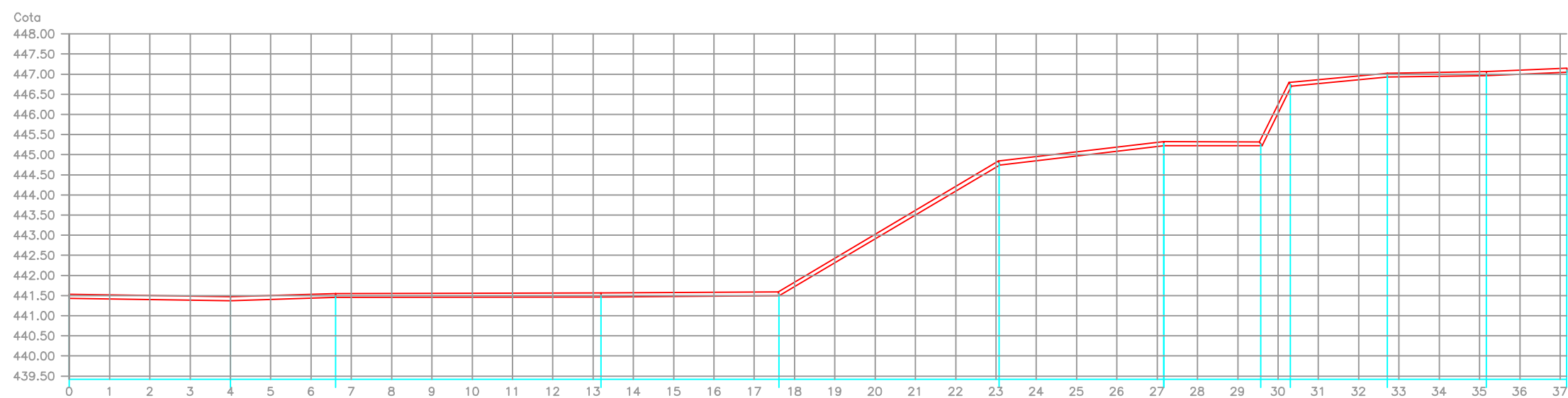
PERFIL LONGITUDINAL



Levantamento Topográfico Altimétrico

PERFIL LONGITUDINAL – Queda d' água Córrego Taboão

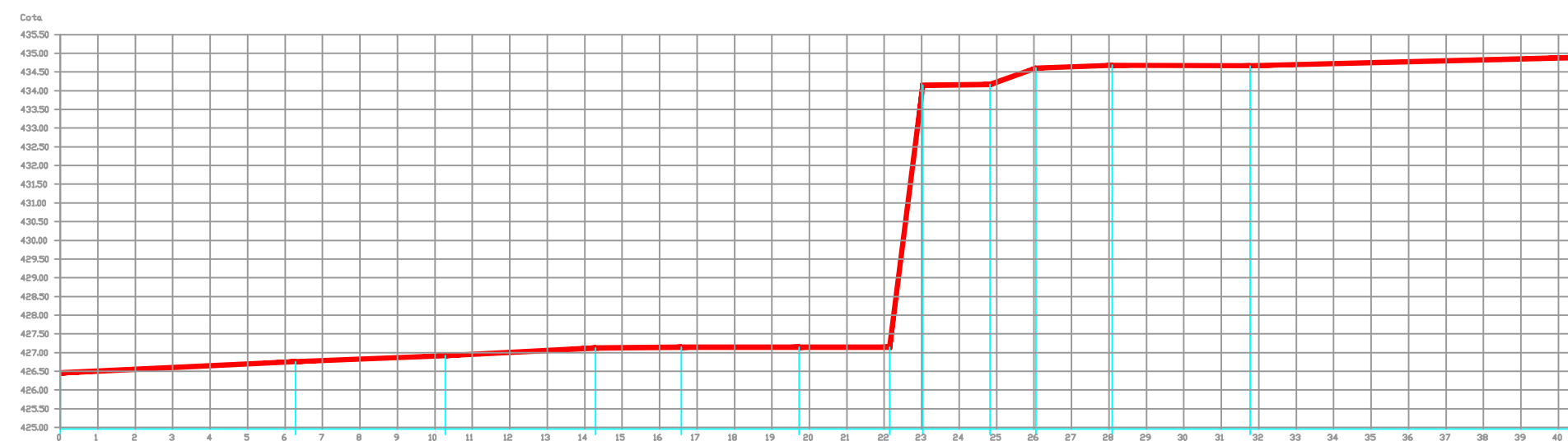
PERFIL LONGITUDINAL



Levantamento Topográfico Altimétrico

PERFIL LONGITUDINAL – Queda d' água Córrego Sapezal

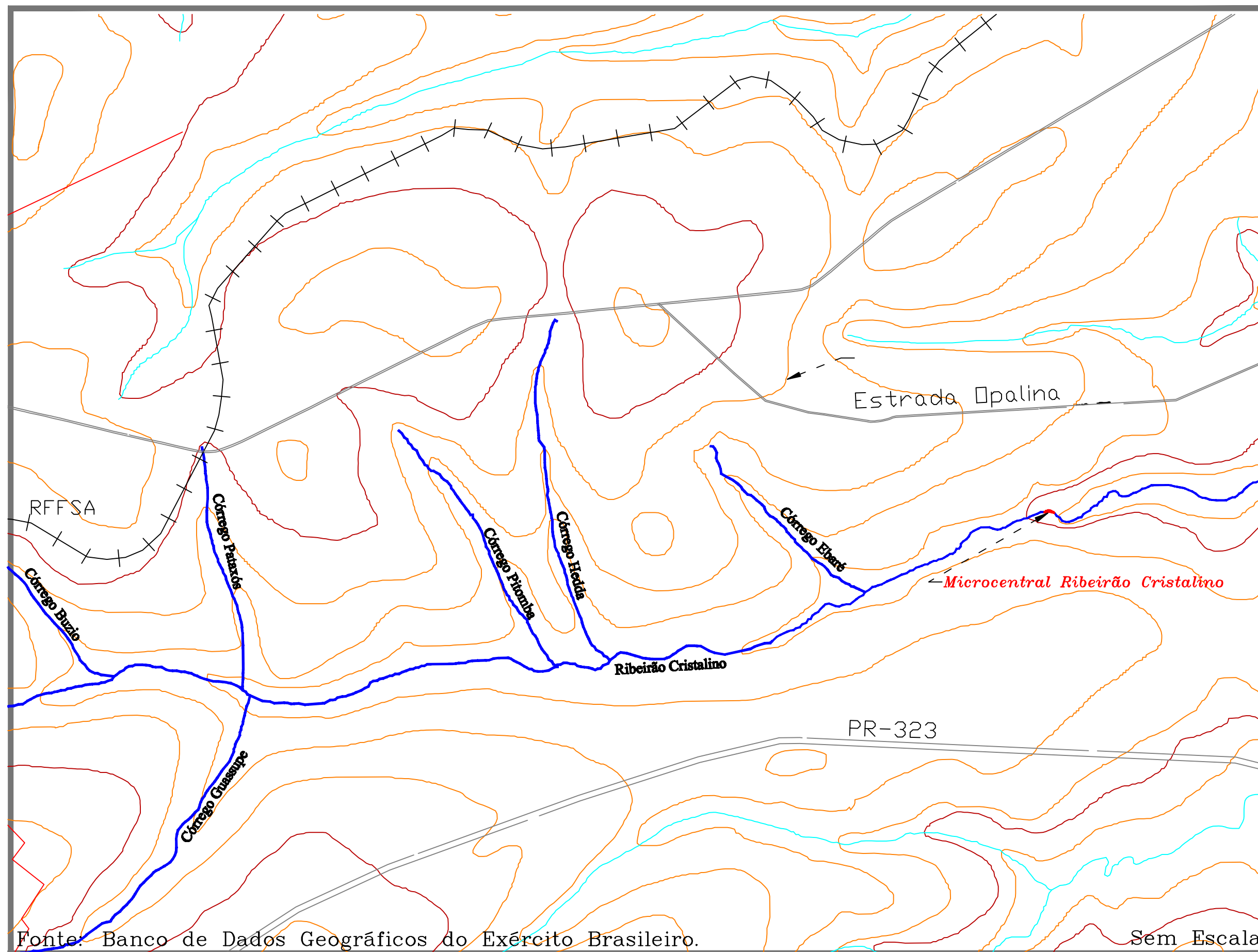
PERFIL LONGITUDINAL



APÊNDICE B

**Plantas das Bacias Hidrográficas dos Corpos d' Água Estudados
(Perfis da Nascente até o Local de Implantação da Microcentral)**

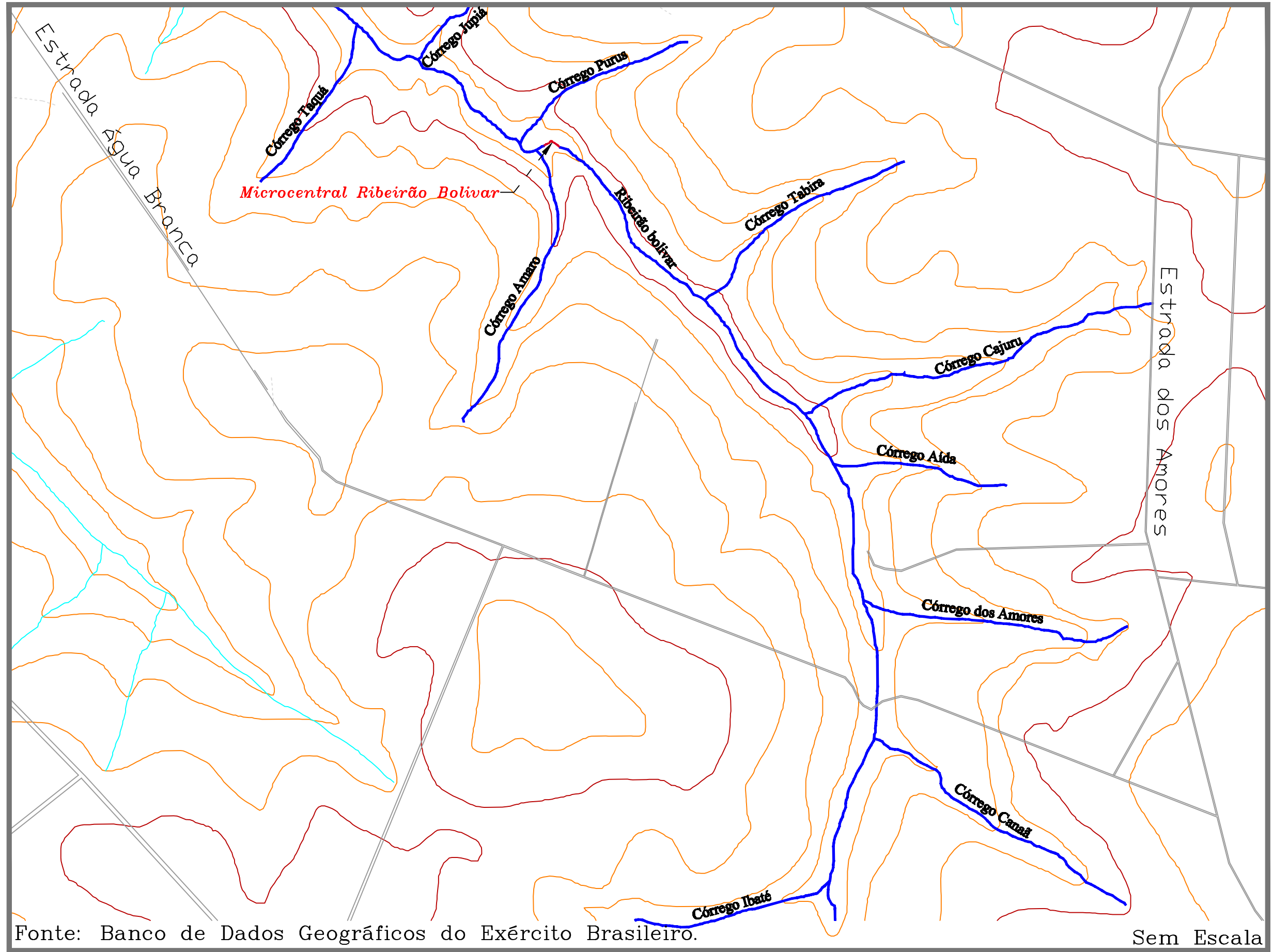
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CRISTALINO (Perfil Nascente até o local da microcentral)



Fonte: Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro.

Sem Escala

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOLIVAR (Perfil Nascente até o local da microcentral)



Fonte: Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro.

Sem Escala

APÊNDICE C

Demandas de Energia Elétrica nas Propriedades Esdudadas

DEMANDAS DE ENERGIA ELÉTRICA NA PROPRIEDADE DO CÓRREGO SAPEZAL

Tipos de Consumo	HORÁRIO E CONSUMO HORÁRIO DE ENERGIA (Wh/h)																								Total (Wh/dia)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
RESIDÊNCIA																									
8 Lâmpadas fluorescentes (9W)																		72	72	72	72	72	72		432
1 Freezer	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	3120
2 Geladeira	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	6240
1 Batedeira															200										200
1 Liquidificador											300														300
1 Microondas												1200													1200
1Ferro elétrico																1000									1000
1 Lavadora de roupas								350																	350
1 Aparelho de DVD																						50	50		100
1 Aparelho de Som													80	80	80										240
1 Computador																				300	300				600
2 Televisor																				200	200	200	200		800
3 Ventilador	360	360	360	360	360	360	360														360	360	360	360	4320
1 Chuveiro																			3500	3500					7000
1 Rádio relógio	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	120
1 Cortador de Grama									500																500
Motobomba da piscina													368	368	368	368	368								1840
CAPTAÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL																									
Bomba d' água																450									450
Total	755	755	755	755	755	755	755	745	895	395	695	1595	843	843	1043	2213	763	3967	4467	1327	1027	1077	877	755	28812

