



**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE  
REVITALIZAÇÃO DE MICROCENTRAIS  
HIDRELÉTRICAS DA MICROREGIÃO DE  
LAVRAS**

**LUCIANO MENDES DOS SANTOS**

**2004**

58301

049886

LUCIANO MENDES DOS SANTOS

AValiação DA VIABILIDADE DE REVITALIZAÇÃO DE  
MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS DA MICROREGIÃO DE LAVRAS

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



58301

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de mestre

Orientador: Prof. Dr. Giovanni Francisco Rabelo

Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Alves Braga Júnior

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2004

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA

Nº CLAS T333.79

SAN

ava

Nº REGISTRO 58301

DATA 11 / 11 / 04

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

**Santos, Luciano Mendes dos**

**Avaliação da viabilidade de revitalização de microcentrais hidrelétricas da microregião de Lavras / Luciano Mendes dos Santos. -- Lavras : UFLA, 2004.**

**55 p. : il.**

**Orientador: Giovanni Francisco Rabelo.**

**Dissertação (Mestrado) – UFLA.**

**Bibliografia.**

**1. Usina hidroelétrica. 2. Revitalização. 3. Fonte alternativa de energia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

**CDD-333.79  
-621.31**

LUCIANO MENDES DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE REVITALIZAÇÃO DE  
MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS DA MICROREGIÃO DE LAVRAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal  
de Lavras como parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de  
concentração em Construções Rurais e Ambiente, para  
obtenção do título de mestre

Aprovada em 28 de Janeiro de 2004

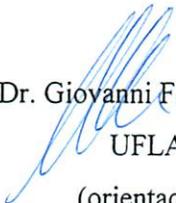
Prof. Dr Roberto Alves Braga Júnior

UFLA

Prof. Dr André Luiz Zambalde

UFLA

Prof. Dr. Giovanni Francisco Rabelo



UFLA

(orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2004

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, pela realização do mestrado

Aos orientadores, Professores Drs. Giovanni Francisco Rabelo e Roberto Alves Braga Júnior, pela amizade, orientação, apoio e incentivo a este trabalho

Aos professores Tomás de Aquino Ferreira e Ana Cristina Rouiller, pela amizade e incentivo

Aos Srs. Jairo Arriel e Henrique Arriel, proprietários da Fazenda Carinhosa

Aos colegas Silvestre Rodrigues e Luciano dos Santos

Às secretárias Daniela, Juliana, Cintia e Regina

Ao Servidor Técnico-Administrativo, Sr. João Lucas Furtado (*in memoriam*)

A minha família e a todos os amigos que me ajudaram na conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO	Página
LISTA DE TABELAS	
LISTAS DE FIGURAS	
LISTAS DE EQUAÇÕES	
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3.1. Estado da Arte da Matriz Energética Brasileira .....	6
3.2. Classificação das centrais de geração.....	8
3.3. Definições.....	10
3.3.1. Suprimento de energia.....	10
3.3.2. A Agência Nacional de Energia Elétrica.....	10
3.3.3. Geração de Energia.....	12
3.3.4. Concessionário de energia.....	13
3.3.5. Permissionários .....	14
3.3.6. Autoprodutor .....	15
3.3.7. Produtor independente.....	16
3.3.8. Cooperativas.....	17
3.3.9. Transmissão e distribuição .....	18
3.3.10. Comercialização .....	19
3.3.11. Co-geração de energia .....	20
3.4. Participação das Fontes Alternativas de Energia Elétrica na Matriz Energética Brasileira .....	21

3.5. Aspectos Legais e Órgãos Ambientais .....	23
3.5.1. Agência Nacional de Águas .....	23
3.5.2. Instituto Mineiro de Gestão das águas.....	24
3.5.3. Outorga.....	25
3.5.3.1. Modalidades de outorga .....	25
3.5.3.2. Documentação necessária para a obtenção da outorga.....	27
3.6. Documentos da ANEEL.....	28
3.7. Aspectos técnicos e econômicos de microcentrais hidrelétricas.....	28
3.8. Turbinas.....	30
3.9. Geradores.....	31
3.10. Reguladores .....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. Primeiro caso analisado.....	35
5.1.1. Avaliação do estado de conservação da central.....	35
5.1.2. Avaliação de custo de revitalização da central .....	42
5.2. Segundo caso analisado.....	44
5.2.1. Avaliação do estado de conservação da central.....	44
5.2.2. Avaliação de custo de revitalização da central .....	45
6. CONCLUSÕES.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	49
8. ANEXOS.....	52

## **LISTA DE TABELAS**

### **Página**

TABELA 1 – Classificação das centrais hidrelétricas de pequeno porte, Braga Jr & Salecker, 1999.....	8
TABELA 2 – Quadro de fontes geradoras de energia elétrica em funcionamento no Brasil, ANEEL, 2003 .....	21
TABELA 3 – Quadro de usina geradoras de energia elétrica prevista para construção no Brasil, ANEEL, 2003.....	22
TABELA 4 – Quadro de Potencial Brasileiro de geração outorgado, ANEEL, 2003 .....	23
TABELA 5 – Dados de ciclo das fornadas sem pré-aquecimento .....	40
TABELA 6 – Dados de ciclo das fornadas com pré-aquecimento .....	41
TABELA 7 – Quadro de custo de revitalização da micro central, Fazenda Carinhosa, Perdões - MG .....	43
TABELA 8 – Quadro de levantamento de custo de revitalização da microcentral Esmeril, Coqueiral MG .....	48

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa do potencial energético produzido no Brasil, Eletrobras, 2003 .....	7
FIGURA 2 – Fotografia do canal de adução, instalados para o projeto.....	37
FIGURA 3 – Fotografia da roda pelton instalada no projeto, Perdões - MG .....	35
FIGURA 3a – Canal de Adução com 220 metros de comprimento, localizado na Fazenda Esmeril .....	41
FIGURA 3b – Barragem de concreto e pedra, Fazenda Esmeril.....	41
FIGURA 4 – Sistema de Adução tipo caixa aberta .....	42

## LISTA DE EQUAÇÕES

(1) $Q = 0,8 \times L \times A/t$ .....	36
(2) $P = 9,8 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$ .....	36
(3) $P = V^2/R$ .....	41
(4) $E = P \times \Delta t$ .....	42
(5) $Q = m.c. \Delta\theta$ .....	42

## RESUMO

Devido às condições de relevo, a região do Sul de Minas na década de 60 dispunha de micro, mini e pequenas centrais hidrelétricas localizadas em propriedades rurais que lhes as forneciam energia elétrica individualmente, bem como lhe as quais a algumas indústrias. Com o desenvolvimento das concessionárias, a comodidade oferecida por elas provocou a desativação dessas centrais. A crise do setor elétrico brasileiro experimentada em 2001 e a reforma da Lei de Concessão de Serviços Públicos despertaram o interesse de muitos produtores em reativar tais empreendimentos, para garantir sua autonomia sobre os negócios; o registro desses empreendimentos pode ser conseguido por pessoa física ou jurídica que não seja o proprietário. Este trabalho tem por objetivo fazer uma avaliação da viabilidade de revitalização de microcentrais hidrelétricas da micro-região de Lavras. São analisadas 14 usinas de geração de energia elétrica desativadas e selecionadas 2 para o estudo completo devido às melhores condições de conservação. Em um deles é implementada a microcentral hidrelétrica onde são avaliadas a capacidade de geração, o custo de investimento para a revitalização. Neste caso, a energia gerada é utilizada para aquecimento de água do processo de produção de aguardente de cana-de-açúcar. O sistema de geração revitalizado mostrou-se viável, refletindo-se no incremento de um ciclo na produção, o que representa um aumento percentual de 33%. No outro caso são avaliadas as condições para implantação e registro de micro central hidrelétrica junto à ANEEL.

## **ABSTRACT**

Due to the relief conditions, the region of the South of Minas Gerais stroke in the decade of 60 some micron and small hidrelétrica were used farm properties and some industries. From the development of the concessionaires, the comfort offered to fomers, these central generating. Were desactiveted the crisis of the tried Brazilian electric sector in the 2001 and reform of the Law of Concession of Public Services increase the interest of many producers in reactivating such enterprises, to guarantee its autonomy on the businesses. Therefore the register of these enterprises can be obtained by natural person or legal person who is not the owner. This work has for objective to make an analysis of the viability technical of the reactivation of hidrelétrica microcentral in the agricultural properties. It was analised 14 generation, and selected 2 for the complet study due to the better conservation conditions. Two disactivated enterprises are analyzed. In one of them, the capacity of generation and the cost of investment for the reativation. In this case analised, the conditions for the reativation are evaluated and are implemented its operation, In this in case that, the generated energy was used for water heating of the process of production of aguardente of sugar cane. The revitalized system of generation revealed viable, having been reflected in the increment of a cycle in the production what it represents a percentile increase of 33%. In the second case the conditions for operation and revitalization are analysed and the cost was calculated. The registration of the generation central in the ANEEL (regulamentation organizacion) is filled.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A eletricidade hoje é tratada como uma “commodity” traduzindo-se para a língua portuguesa significa mercadoria. Patterson (2000) afirma que esse tratamento é equivocado, pois 1/3 da população mundial (cerca de dois bilhões de pessoas) não tem acesso à eletricidade. A realidade brasileira não é muito diferente da mundial. Atualmente no Brasil existem 55,7 milhões de propriedades. Em se tratando de propriedades rurais, apenas 1,53 milhões são atendidas por uma concessionária de energia elétrica. De acordo com Brasil (2000), segundo o Censo 2000 do IBGE, há aproximadamente 15 milhões de pessoas economicamente ativas no meio rural do país, mas cerca de 1/3 delas trabalham em ocupações não-agrícolas, como é o caso de pedreiros, motoristas, caseiros, empregadas domésticas e outras.

As dificuldades de implantação de um sistema de abastecimento de energia elétrica rural se devem à baixa densidade de consumo, em função das distâncias que separam as propriedades e à pequena demanda por energia da maioria das propriedades, o que resulta em baixa rentabilidade do investimento para a concessionária. Estes fatores tornam esse mercado pouco atraente para as concessionárias de energia elétrica.

A eletricidade é uma utilidade imprescindível na melhoria da produtividade rural, bem como na melhoria da qualidade de vida das pessoas e pode ser um grande catalisador de transformações, no que se refere à fixação do homem no campo. Através da eletricidade, o homem do campo passa a ter acesso à informação, através da mídia e multimídia, o que, de forma direta, disponibiliza a educação e permite o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de produção.

Estima-se que 86% da energia brasileira é gerada através da utilização de duas características naturais: água que se mantém devido ao regime de chuvas e força da gravidade devido ao relevo. Através da construção de barragens consegue-se uma regulação da vazão, como se fosse uma reserva de energia elétrica, compensando os anos de pouca chuva.

Em 1957 o Brasil construiu a Usina de Furnas, visando o desenvolvimento industrial, marcando o nascimento do moderno sistema elétrico brasileiro. Na operação desse sistema planejava-se a expansão de modo que a demanda prevista para os cinco anos subseqüentes permanecesse sempre igual à energia firme (energia que pode ser gerada durante o período de seca), gerando uma taxa de risco relativamente baixa, ou seja, em torno de 5%. A partir de sua entrada em operação, o Sistema Furnas foi-se aperfeiçoando, através de sua interligação por meio de linhas de transmissão com outros sistemas de geração, o que permitia um operador central do sistema racionalizar o uso da água em todo o país.

A reforma do sistema elétrico, realizada no governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, criou uma empresa privada chamada ONS (Operador Nacional do Sistema), encarregada de controlar toda geração, seja ela feita em usinas privadas ou estatais, substituindo o grupo de concessionárias de operação interligada. Isso acarretou outros problemas regionais, pois ao se diminuir muito o nível dos reservatórios pode-se afetar a navegabilidade de rios. Não se pode esquecer também do uso múltiplo dos lagos, onde se destaca o lazer. Muitas empresas investiram em turismo e esportes náuticos, de forma que as ações da ONS sempre interferem também na rentabilidade desses empreendimentos.

Onde fica o meio rural? A energia para o meio rural depende de iniciativas dos governos. Em 2000 foi anunciado um plano para levar energia a um milhão de propriedades rurais e domicílios até 2004, denominado Programa

Luz no Campo (Eletrobras, 2000). O Brasil é um país com enorme potencial hidráulico, mas só uma pequena parte desse potencial é utilizada para gerar eletricidade. Existe água, a tecnologia é amplamente conhecida, e há equipamentos adequados disponíveis no mercado. Em um futuro imediato, com a privatização das concessionárias de energia elétrica, prevê-se a implantação de uma política de realismo tarifário, com o conseqüente término dos subsídios para população de baixa renda, bem como para produtores rurais. O Programa Luz no Campo depende do governo estadual, apoiado pelas prefeituras municipais e diversas entidades empenhadas em levar energia elétrica para o interior.

A eletricidade é um dos mais importantes insumos para o desenvolvimento econômico do setor agropecuário e indispensável para a promoção do bem-estar do homem do campo. Desta forma, programas como o da Luz no Campo exercem forte impacto social e econômico, com geração de trabalho e renda que refletirá no faturamento da indústria, do comércio e dos serviços. O aumento da produção e da produtividade será possível, principalmente, pela mecanização e modernização dos equipamentos agrícolas, gerando acréscimo de arrecadação tributária e fazendo com que o Estado e os municípios possam investir em outros projetos de desenvolvimento. Esse tipo de programa representa melhoria na qualidade de vida da população rural, facilita o acesso à educação, saúde, informação e lazer, além de evitar o êxodo rural. Entretanto, sabe-se que os governos subseqüentes nem sempre dão continuidade aos programas de governos anteriores. Assim as propriedades rurais não eletrificadas ficam à mercê da vontade de uma política dos governantes para sanar esta situação. Desta forma, diferentemente de eletrificação, o que se deve buscar é uma independência completa ou parcial das propriedades, no que se refere à energia elétrica, buscando utilizar as fontes energéticas renováveis existentes no campo a fim de atender às necessidades da propriedade. Das fontes existentes, destacam-se a energia solar, eólica,

biomassa, as micro e usinas hidrelétricas, podendo ser esta última de pequeno impacto ambiental, baixo custo operacional, pouca manutenção, facilidade e rapidez de construção.

Segundos dados da Cemig (1995), na década de 60, a região de Lavras possuía 44 microcentrais hidrelétricas, com a implantação das concessionárias oferecendo energia de qualidade a um custo baixo todas as microcentrais foram desativadas.

Este trabalho buscou avaliar a situação das microcentrais hidrelétricas na região de Lavras e conseguiu identificar ainda 14 unidades desativadas.

A avaliação das microcentrais baseou-se em critérios técnico-econômicos para a revitalização. Neste caso, foram escolhidas duas unidades para o trabalho. As unidades selecionadas tratam de dois casos distintos, e envolvem usinas hidrelétricas de tamanhos diferentes. Em uma propriedade, a microcentral foi revitalizada e toda a energia utilizada no aquecimento de água. Em outra, foi feito um levantamento para futuramente ser revitalizada e obter o registro de microcentral hidrelétrica junto à ANEEL.

Em ambos os casos foram considerados os aspectos legais e ambientais para registro do aproveitamento junto aos órgãos governamentais competentes.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar a viabilidade técnico-econômica de revitalização de microcentrais hidrelétricas na região de Lavras Minas Gerais.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 A Matriz Energética Brasileira**

O sistema elétrico brasileiro apresenta como particularidade grandes extensões de linhas de transmissão e um parque produtor de geração predominantemente de hidrelétrica. O mercado consumidor, cerca de 47,2 milhões de unidades, concentra-se nas regiões sul e sudeste, mais industrializadas. A região norte é atendida de forma intensiva por pequenas centrais geradoras, a maioria termo-elétricas a óleo diesel.

Um aspecto crucial na gerência da água doce é sua desigual distribuição. O Brasil, por exemplo, é agraciado com cerca de 12% da água doce do mundo e 70% dessa água corresponde à Bacia Amazônica, no norte do País; os 30% restantes correspondem às demais regiões, sendo que o Nordeste dispõe de poucos mananciais. Essa má distribuição requer uma política séria dos governos, mas depende também da participação dos empresários e da comunidade em geral.

Um dado positivo neste particular é que o Brasil já dispõe de legislação consubstanciada na Lei Federal n.º 9433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a política nacional de recursos hídricos. O mais importante é aplicá-la com a ampla participação de toda a população que deverá passar por um processo de educação e conscientização. Finalmente, deve-se estar atento ao fato de que, em futuro próximo, a água será matéria de exportação, como acontece hoje com o petróleo.

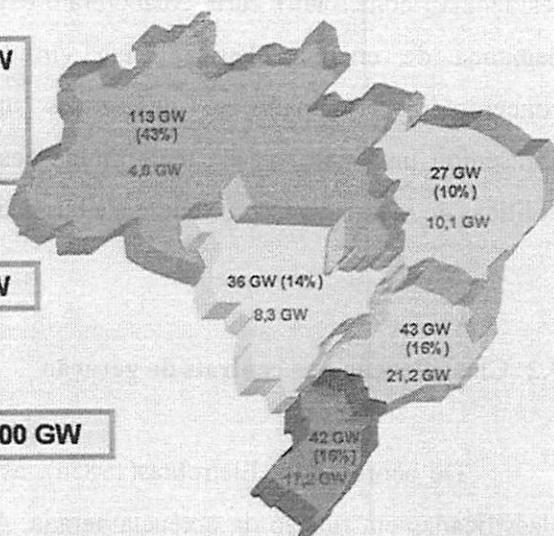
A maior parcela da geração de energia elétrica do Brasil vem dos seus recursos hídricos. A Figura 1 apresenta o mapa do Brasil com o potencial de geração atual. A capacidade de geração de energia elétrica está no seu limite, independente da fonte de geração.

## Brasil – Potencial Hidrelétrico

Potencial Hídrico: 261 GW  
Operação / Construção : 27 %  
Medido : 37 %  
Avaliado: 37 %

Potencial Eólico: - 142 GW

Potencial UTE Carvão: 100 GW



Legenda:

Valores em Azul = Capacidade Total  
Valores em Vermelho = Em Operação

Fonte ELETROBRÁS

Figura 1 – Potencial brasileiro de geração de energia

De acordo com Eletrobrás (2002), o mercado de energia elétrica experimenta um crescimento da ordem de 4,5% ao ano, devendo ultrapassar a casa dos 100 mil MW, em 2008. O planejamento governamental de médio prazo prevê a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 6 a 7 bilhões/ano para expansão da matriz energética brasileira, em atendimento à demanda do mercado consumidor.

Para o futuro, algumas alterações devem ocorrer na estrutura dos investimentos em energia, incluindo a instalação de centrais termelétricas a gás natural que exigem prazos de implementação e investimentos menores que as hidrelétricas. Por outro lado, deverão ser ampliadas as importações de energia da Argentina, Venezuela e Bolívia; e também a interligação elétrica entre o Sul e o Norte do Brasil, o que significa maiores investimentos em rede de transmissão.

Ao longo das últimas duas décadas, as classes de consumidores residencial, comercial e rural colaboraram expressivamente com o aumento na demanda de energia elétrica, em virtude do crescimento populacional concentrado, principalmente nas zonas urbanas. O segmento industrial apresentou uma participação mais tímida neste crescimento, sobretudo pelas políticas de racionalização de energia e busca de processos mais eficientes.

### 3.2 Classificação das centrais de geração

De acordo com Eletrobras(1985a), as centrais hidrelétricas podem ser classificadas em função da potência gerada. As pequenas centrais hidrelétricas não podem ultrapassar os 10 MW de potência. Atualmente, segundo a portaria 394 de 4/12/98 da ANEEL criada pela Lei 9648, são consideradas pequenas centrais hidrelétricas todas as centrais cuja potência elétrica instalada é igual ou inferior a 30 MW, desde que venham a ter “características de PCHs”. Após esta portaria, a classificação está de acordo com a tabela 1.

TABELA 1 – Classificação das centrais hidrelétricas de pequeno porte

Potência (KW)	Classificação	Queda de Projeto (m)		
		Baixa	Média	Alta
Até 100	Microcentral	< 15	15 a 50	> 50
100 a 1000	Mínicentral	< 20	25 a 30	> 100
1000 a 30000	Pequena central	< 25	25 a 130	> 130

Braga Júnior & Salecker 1999

Recentemente foi incluída mais uma classificação, abrangendo as menores usinas, denominadas de picocentrals hidrelétricas, para potência abaixo de 10KW.

Para microcentrais hidrelétricas, as condições são bastante favoráveis; o interessado retira junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) uma outorga; custos e a vazão de água também não são altos e a potência conseguida é bastante satisfatória para pequenas propriedades rurais.

Seja usina de grande, médio ou pequeno porte, para sua instalação é necessário basicamente um levantamento inicial para estimação do potencial de geração. De acordo com Braga Júnior & Salecker (1998), devem ser seguidos os seguintes passos para a implantação:

- O produtor deverá inicialmente fazer um levantamento da demanda de consumo (curva de carga) da propriedade;
- Escolher o melhor local para instalação da casa de máquinas, de preferência o mais perto dos locais de consumo;
- Calcular a vazão e a diferença de nível;
- Calcular a potência fornecida;
- Consultar o órgão ambiental mais próximo e informar-se sobre a necessidade de uma autorização;
- Consultar os fabricantes de geradores quanto ao tipo de excitação e número de fases do gerador;
- Instruir os proprietários quanto ao funcionamento de uma unidade geradora de pequeno porte, como exemplo, a potência máxima aplicada sobre o gerador.

### **3.3 Definições**

#### **3.3.1 Suprimento de energia**

Entende-se que o suprimento de energia está diretamente relacionado com o desenvolvimento sustentável e deve primar pela eficiência na produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia; pelo uso de fontes renováveis; pelo uso ótimo destas fontes; pela garantia da disponibilidade e acesso a todos e indistintamente; pela prestação de um serviço de qualidade; pela preservação ambiental; e pelo uso da energia, não como um fim, mas como um meio para esse desenvolvimento (Brasil, 2002). Entende-se por qualidade de energia os aspectos referentes à forma de onda, pureza da tensão, níveis constantes de tensão e frequência, bem como ausência de modulação. Ainda a esses atributos se encontra a qualidade da prestação dos serviços como, por exemplo, o pronto atendimento, o religamento, dentre outros.

#### **3.3.2 A Agência Nacional de Energia Elétrica**

A Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, instituiu a Agência que tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal. O papel da ANEEL, na área de eficiência energética (EE) e fontes alternativas de geração de energia elétrica (FA), está previsto na legislação vigente do setor elétrico brasileiro, incluindo aquela que institui e regulamenta a Agência. Compete ainda à ANEEL dirimir, no âmbito administrativo, as divergências entre concessionárias, permissionárias, autorizadas, produtores independentes e autoprodutores, bem como entre esses agentes e seus

consumidores. A ANEEL deve atuar em conformidade com a política energética nacional, a qual está descrita na Lei n.º 9.478, de agosto de 1997, em que se destaca de seu artigo primeiro que as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia devem promover o desenvolvimento; ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursos energéticos; proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e ofertas dos produtos; proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia; identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do país; utilizar fontes alternativas de energia mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e da tecnologia aplicável.

O Decreto n.º 2.335, de outubro de 1997 (Anexo I, parágrafo IV) que constitui a ANEEL, estabelece como diretriz para a ANEEL a adoção de medidas efetivas que assegurem a oferta de energia elétrica a áreas de renda e densidade de carga baixas, urbanas e rurais, de forma a promover o desenvolvimento econômico e social e a redução das desigualdades regionais.

É função da Agência estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessários ao setor de energia elétrica; “estimular e participar de ações ambientais voltadas para o benefício da sociedade, bem como interagir com o Sistema Nacional de Meio Ambiente em conformidade com a legislação vigente e atuando de forma harmônica com a Política Nacional de Meio Ambiente”.

Desta forma, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil, 2002) deve disciplinar o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e definir os valores dos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição; a livre comercialização de energia com consumidores de carga igual ou superior a 500 kW e a isenção de pagamento de compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (PCH's).

A ANEEL (Brasil, 2002), com base na legislação vigente, tem estabelecido diversos mecanismos de regulação para aumentar a participação das fontes alternativas na geração de energia elétrica, como abaixo descrito. A Resolução n.º 112, de maio de 1999, estabelece os requisitos necessários à obtenção de registro ou autorização para implantação, ampliação ou repotenciação de centrais termelétricas, eólicas e demais empreendimentos operados como fontes alternativas de energia. Entre outras disposições, esta resolução estabelece a obrigatoriedade de registro para centrais com capacidade de geração de até 5 MW e de autorização (outorga) para centrais com capacidade superior a esse valor.

### **3.3.3 Geração de energia elétrica**

O governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso promoveu uma reestruturação do setor elétrico brasileiro, que contribuiu para o surgimento de novos agentes no mercado de geração de energia. Esses agentes estão recebendo funções específicas, diferentemente da estrutura anterior, garantindo um ambiente concorrencial na geração e na comercialização de energia..

Com o objetivo de incentivar a concorrência, a Lei 9074/95 e o Decreto 2003/96 definem normas relativas às concessões e permissões de geração elétrica e incluem a participação dos produtores independentes de energia (PIE) e dos autoprodutores (APE), no mercado já exercido pelas concessionárias privadas e públicas. Dependendo da potência das usinas, as novas concessões poderão envolver licitação, autorização ou simples comunicação ao poder concedente.

### **3.3.4 Concessionário de energia**

A energia elétrica é um bem público e compete ao governo federal estabelecer as regras para exploração dela. O governo federal, ou Poder Concedente, através de seus órgãos suplementares, outorga a outras instituições jurídicas o direito de exploração deste bem, através de contratos de concessão. Os contratos de concessão são assinados entre a Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL e as empresas de distribuição de energia. Nestes contratos são estabelecidas as regras com respeito à tarifa, regularidade, continuidade, segurança, atualidade e qualidade dos serviços e do atendimento prestado aos consumidores. Da mesma forma, definem penalidades para os casos em que for constatada alguma irregularidade.

O Projeto de Qualidade é parte integrante do contrato de concessão e nele é estabelecido o controle da qualidade do fornecimento de energia.

A ANEEL, preocupada em atualizar os instrumentos normativos da regulação, tem editado resoluções e estabelecido procedimentos para permitir um processo de controle mais rigoroso da qualidade no fornecimento de energia. Dentre as resoluções, cita-se a Resolução n.º 024, de 27 de janeiro de 2000, que estabelece os níveis de continuidade dos fornecimentos de energia elétrica; a Resolução n.º 520, de 17 de setembro de 2002, que estabelece os procedimentos de registro e apuração dos indicadores relativos às ocorrências emergenciais. Essas resoluções também são referências quanto aos níveis de qualidade a serem praticados pelas concessionárias.

### **3.3.5 Permissionários**

As permissionárias e cooperativas de eletrificação constituem importantes instrumentos para a universalização.

Em muitos casos, o atendimento a localidades remotas pode ser viabilizado através de geração distribuída, inclusive com fontes locais de energia capazes de atender à demanda atual e futura de forma sustentável. Nestes casos, questiona-se que a melhor forma de universalização do atendimento é via concessionárias, visto que as regiões com maiores índices de universalização do país os atingiram através de cooperativas de eletrificação rural.

Atualmente, segundo regras estabelecidas pela Resolução n.º 12, de 11 de janeiro de 2002, as cooperativas de eletrificação existentes estão sendo regularizadas, podendo tornar-se permissionárias ou cooperativas autorizadas. Vale ressaltar que as cooperativas autorizadas são vistas pelas concessionárias como consumidores.

O art. 15 da Lei 10.438 induz à criação de permissionárias. Além disso, à Eletrobrás incentiva financeiramente as concessionárias, permissionárias e cooperativas de eletrificação rural, para expansão dos serviços de distribuição de energia elétrica, especialmente em áreas urbanas e rurais de baixa renda e para o programa de combate ao desperdício de energia elétrica. Também existe o incentivo para a implantação de centrais geradoras de potência até 5.000 kW, destinadas exclusivamente ao serviço público em comunidades populacionais atendidas por sistema elétrico isolado.

### **3.3.6 Autoprodutor**

O Decreto n.º 2003, de 10 de setembro de 1996, define e regulamenta a produção independente e a autoprodução de energia elétrica, modalidades importantes na geração de energia elétrica como fontes alternativas e renováveis.

O Autoprodutor de energia Elétrica (APE) é caracterizado como uma pessoa jurídica ou um consórcio de empresas que podem receber concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo.

A autorização ao Autoprodutor estará condicionada à demonstração, perante a Agência Nacional de energia elétrica, de que a energia elétrica a ser produzida será destinada a consumo próprio, atual e projetado. É facultada ao autoprodutor, com a devida autorização prévia da ANEEL (Brasil, 2002):

- A cessão e permuta de energia elétrica e potência entre autoprodutores consorciados em um mesmo empreendimento, na barra da usina;
- A compra, por concessionário ou permissionário, de serviço público de distribuição do excedente de energia produzida;
- A permuta de energia, em montantes economicamente equivalentes, explicitando os custos das transações de transmissão envolvidos, com concessionário ou permissionário do serviço público de distribuição, para possibilitar o consumo em instalações do autoprodutor em local diverso daquele onde ocorre a geração.

A parcela de energia produzida pelo autoprodutor que operar em usinas térmicas em sistemas isolados fará jus ao ressarcimento do custo de combustíveis instituído na Conta de Consumo de Combustível (CCC), mediante a autorização da ANEEL (Brasil, 2002).

### **3.3.7 Produtor independente**

De acordo com o Decreto n.º 2003, de 10 de setembro de 1996, o Produtor Independente de Energia (PIE) é caracterizado como uma pessoa jurídica ou um consórcio de empresas que podem receber concessão ou autorização para produzir energia elétrica e comercializá-la, toda ou apenas uma parte, por sua conta e risco.

O Produtor Independente de Energia está sujeito a regras operacionais e comerciais próprias, desde que atendidas as especificações previstas na legislação em vigor no contrato de concessão ou no ato de autorização. A venda de energia elétrica por produtor independente poderá ser feita para a:

- Concessionário de serviço público de energia elétrica;
- Consumidor de energia elétrica, conforme legislação vigente;
- Consumidores de energia elétrica integrantes de complexo industrial ou comercial, aos quais o produtor independente também forneça vapor oriundo do processo de co-geração;
- Conjunto de consumidores de energia elétrica, independentemente da tensão e carga, nas condições previamente ajustadas com o concessionário local de distribuição;
- Qualquer consumidor que demonstre ao poder concedente não ter o concessionário local lhe assegurado o fornecimento no prazo de até 180 dias, contado da respectiva solicitação.

A fim de se garantir a utilização e a comercialização da energia produzida, o produtor independente e o autoprodutor terão assegurado o livre acesso aos sistemas de transmissão e de distribuição de concessionários e

permissionários de serviço público de energia elétrica, mediante o ressarcimento do custo de transporte envolvido.

O órgão regulador e fiscalizador do poder concedente definirá, em ato específico, os critérios para determinação do custo de transporte que deverão explicitar as parcelas relativas à transmissão e à distribuição, assegurado o tratamento isônômico para os produtores independentes e autoprodutores perante os concessionários e permissionários do serviço público de energia elétrica.

### **3.3.8 Cooperativas**

As Cooperativas de Eletrificação Rural (CER) são agentes presentes no setor elétrico brasileiro desde a década de 40, contribuindo de modo significativo para a eletrificação e desenvolvimento rural.

Inicialmente formada por pioneiros que se reuniram para viabilizar a eletrificação de suas propriedades, o crescimento do mercado causado pelo adensamento populacional e rápida urbanização acabaram mudando o perfil de atuação da maioria dessas cooperativas, tornando-as possuidoras de características semelhantes às das concessionárias. Ao mesmo tempo, começaram a surgir interferências mútuas entre redes de distribuição de cooperativas e concessionárias, ocasionando conflitos entre os diversos agentes.

A recente reestruturação do setor elétrico, em seu arcabouço legal, previu a necessidade de regulamentação dos serviços prestados pelas cooperativas, visando adequá-las às novas orientações regulatórias e de direito da eletricidade.

Em 1999, iniciou-se um processo de âmbito nacional de regularização das CER's. O ordenamento legal prevê a possibilidade de duas formas de enquadramento, em que sem o papel reservado pode ser: continuar, de certa

forma, a serem consideradas como um consumidor de energia para uso privativo de seus associados, enquadradas na modalidade de Autorizadas, ou para aquelas que atendem a público indistinto, atuar regularmente como prestadoras de serviço público de distribuição de energia, sob a forma de permissionários.

A CESP, dentro do convênio de cooperação com a ANEEL, está conduzindo o processo de regularização das 17 cooperativas atuantes no Estado, estando em fase de conclusão da instrução dos processos e emissão de pareceres de enquadramento.

### **3.3.9 Transmissão e distribuição**

Durante a reestruturação do setor elétrico, foi recomendada pela Coopers & Lybrand e adotada pela Agência Nacional de Energia a separação vertical de todos os ativos de transmissão com tensão igual ou superior a 230 kV, pertencentes à ELETROBRÁS ou às companhias estaduais de distribuição.

Esta separação provocou a divisão dos ativos de geração e transmissão do Sistema ELETROBRÁS em quatro grandes subsidiárias: (ELETRONORTE, CHESF, ELETROSUL e FURNAS) como também a criação de novas empresas de transmissão subsidiárias da “holding”:

A nova definição de transmissão e distribuição foi baseada no nível de tensão e não em sua função no sistema. Todos os ativos com nível de tensão igual ou superior a 230 kV são definidos como ativos de transmissão da Rede Básica. Já os ativos com tensão abaixo desse patamar são considerados como de distribuição.

A compra e venda de energia elétrica, entre concessionários ou autorizados, devem ser contratadas separadamente do acesso ao sistema de transmissão e distribuição, cabendo à Agência Nacional de Energia Elétrica

controlar todo o processo. Já o Operador Nacional do Sistema (ONS) é responsável pela manutenção dos ganhos sinérgicos resultantes da otimização da operação dos sistemas de transmissão e geração de energia elétrica e pela viabilização da expansão do sistema de transmissão a mínimo custo.

A regulamentação da contratação do acesso, incluindo o uso e a conexão, ao sistema de transmissão e distribuição constitui instrumento importante para efetiva introdução da competição no segmento de geração e comercialização de energia elétrica; permite a livre opção dos consumidores e induz o incremento da oferta ao mercado pelos produtores independentes e autoprodutores de energia elétrica.

### **3.3.10 Comercialização**

A atividade de comercialização de energia elétrica engloba a compra, a importação, a exportação e a venda de energia elétrica a outros comercializadores ou a consumidores que tenham livre opção de escolha do fornecedor.

O comercializador de energia participa do mercado através de uma autorização outorgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica, para vender energia elétrica a consumidores finais e para comprar e vender energia elétrica no Mercado Atacadista de Energia (MAE).

O MAE define o preço de curto prazo para cada modelo de apuração, baseando-se em modelos e procedimentos já acordados por todos os seus participantes e pela ANEEL. Além disso, o MAE estará encarregado de registrar os contratos de longo prazo (contratos bilaterais) e a compra e venda de energia no curto prazo liquidadas no preço “spot”.

Os preços contratuais serão desregulamentados e acordados entre as partes nos termos de um mercado competitivo. Os preços do mercado de contratos refletirão as expectativas quanto ao preço de curto prazo do MAE no decorrer do período em questão. Em situação de equilíbrio de demanda e oferta, a média de preços deverá ser suficiente para proporcionar retorno comercial ao mais competitivo dos novos participantes do mercado.

Todas as oportunidades de venda da energia gerada pelas usinas serão definidas através da livre negociação de contratos de suprimento com as distribuidoras de energia, comercializadores e também com outros agentes, como os consumidores livres.

Os comercializadores que não quiserem participar do MAE deverão apresentar garantias através da contratação de seguros ou fiança bancária de valor equivalente a, no mínimo, 50% do volume de vendas anuais que estará autorizado a comercializar.

A comercialização de energia elétrica, no âmbito do mercado de livre negociação, poderá ser exercida por:

- Agente comercializador;
- Detentores de autorização para importar e exportar energia elétrica;
- Produtores independentes;
- Concessionários e permissionários de serviços públicos de distribuição;
- Concessionários de geração.

### **3.3.11 Co-geração de energia**

A Resolução n.º 021, de 20 de janeiro de 2000, estabelece a regulação da co-geração com base nas políticas de incentivo ao uso racional dos recursos energéticos, visto que a co-geração de energia contribui com a racionalidade

energética, uma vez que possibilita um melhor aproveitamento dos combustíveis, quando comparada à geração individual de calor e energia elétrica.

A co-geração é definida como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis. Para obter registro ou certificado de co-geração qualificada, o empreendimento deve estar em situação regular perante a ANEEL (Brasil, 2003), segundo as disposições da Resolução 112/99 e atender aos requisitos mínimos de racionalidade energética, definidos no inciso II, art. 4º da resolução. A outorga é um dos requisitos necessários à implantação dos projetos, de forma que os dados divulgados pela ANEEL geram apenas expectativas em relação ao aumento da participação das fontes alternativas na matriz energética brasileira.

### **3.4 Participação das Fontes Alternativas na Matriz Energética Brasileira**

A participação das fontes alternativas renováveis na capacidade de geração de energia elétrica instalada no Brasil é de apenas 2,5%. Entre essas fontes, destacam-se a biomassa, principalmente o bagaço de cana e as pequenas centrais hidrelétricas (PCH's). Como pode ser observado na Tabela 2, as microcentrais não entram nesta estatística, embora possam apresentar-se como a única forma viável de se obter energia elétrica em muitas propriedades que se situam muito afastadas das linhas-tronco de distribuição rural de energia.

**Tabela 2 – Usinas Brasileiras em operação**

Fonte	Quantidade	Potência	%kW
Eólica	7	21.200	0,03
PCH	202	793.424	1,03
Biomassa	173	1.112.187	1,44
Outras	728	75.294.394	97,50
Total	1110	77.221.160	100

Fonte: ANEEL – 2003

As microcentrais estão classificadas e inseridas em “PCH”. Um aspecto que se deve apreciar é que a maioria das construções de microcentrais não são cadastradas junto a qualquer órgão, fato que não permite um dado significativo.

Quanto aos empreendimentos em construção, na Tabela 3 pode ser observada a participação das fontes alternativas renováveis, que sobe para 4,1%, destacando-se as pequenas centrais hidrelétricas responsáveis por 3,73% da atual ampliação da capacidade de geração do Brasil.

**Tabela 3 – Usinas Brasileiras em construção**

FONTE	QUANTIDADE	POTÊNCIA (kW)	% (kW)
Eólica	0	0,00	0
PCH	39	485.795	3,73
Biomassa	4	49.000	0,38
Outras	47	12.506.515	95,90
Total	90	13.041.310	100,00

Fonte: ANEEL – 2003

Com respeito aos projetos outorgados (construção ainda não iniciada), observa-se uma participação bastante expressiva dessas fontes, representando mais de 20% da capacidade de geração autorizada pela ANEEL (Brasil, 2003).

Conforme se observa na Tabela 4, destaca-se o crescimento do aproveitamento de energia eólica (15,55%) do total outorgado.

Tabela 4 – Potencial Brasileiro de geração outorgado

Fonte	Quantidade	Potência (kW)	% (kW)
Eólica	53	4.165.000	15,55
PCH	78	1.229.510	4,59
Biomassa	25	149.361	0,56
Outras	113	21.232.568	79,30
Total	269	26.776.439	100,00

Fonte: ANEEL – 2003

### 3.5 Aspectos Legais e Órgãos Ambientais

#### 3.5.1 Agência Nacional de Águas

A Agência Nacional de Águas (Brasil 2001) é uma autarquia sob regime especial com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. É responsável pela implantação da Política Nacional de Recursos Hídrico. O projeto da criação da ANA foi aprovado pelo Congresso no dia 7 de junho de 2000, transformando-se na Lei 9.984 sancionada pelo Presidente da República em exercício, Marco Maciel, no dia 17 de julho.

Além de responsável pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, a ANA deve implantar a Lei das Águas, de 1997, que disciplina o uso dos recursos hídricos no Brasil. Inspirado no modelo francês, o Brasil criou, em 1997, sua legislação sobre recursos hídricos (Lei 9433/97). De acordo com esta Lei, as decisões sobre uso dos rios em todo o País serão tomadas pelos comitês de bacias.

Nos próximos anos, o Brasil terá dezenas de comitês de bacias, com suas respectivas agências de bacia. É missão da Agência Nacional de Águas dar o suporte técnico para a criação dos comitês.

Outra atribuição da ANA (Brasil, 2001) é preservar a ordem jurídica, garantindo água ao agricultor, desde que ele tenha obtido, previamente, a chamada outorga, ou seja, uma licença para utilização da água do rio. A cobrança pelo uso dos rios está prevista na Lei 9.433.

### **3.5.2 Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas, IGAM, foi criado pela Lei 12.584 de 17 de julho de 1997. Ele é responsável pelo planejamento e administração de todas as ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas do Estado Minas Gerais. Numa nova visão, a água deve ser percebida como parte integrante do ecossistema; como um recurso natural e como um bem econômico e social em que a quantidade e a qualidade determinem a natureza de sua utilização.

Para isso o IGAM se apóia nos princípios da Política Nacional (Lei Federal n.º 9.433/97) e Estadual (Lei Estadual n.º 13.199/99) dos Recursos Hídricos, em que se estabelece um arranjo institucional baseado num tipo de organização para a gestão compartilhada do uso da água compreendendo: o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH, Agências de Bacias Hidrográficas.

As linhas de gestão do IGAM partem do pressuposto de que os usos da água devem ser definidos, assegurando-se a disponibilidade para os usos prioritários de cada unidade de planejamento; da desestimulação do desperdício e da promoção dos processos naturais ou artificiais de reciclagem; da reserva de

uma considerável responsabilidade da sociedade pela condução da política e gestão dos recursos hídricos. Enfim, a proposta da gestão do IGAM se caracteriza pela descentralização e participação em que tudo possa ser decidido em níveis hierárquicos mais baixos de governo, por exemplo, quando a participação local é levadas em consideração.

Os produtos do trabalho do IGAM se caracterizam, entre outros, pela concessão de outorgas, que é um instrumento que possibilita o registro do uso da água do Estado a fim de garantir o uso múltiplo desse recurso e o seu acesso a todos os usuários.

### **3.5.3 Outorga**

A outorga de direito de uso da água é o instrumento legal que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos. É um documento que garante o controle quantitativo e qualitativo do uso da água, especificando o local, a fonte, a vazão e a finalidade de seu uso em determinado período.

A outorga não dá ao usuário a propriedade de água ou sua alienação, mas o simples direito de seu uso. Portanto, poderá ser suspensa, parcial ou totalmente, em casos extremos de escassez ou não cumprimento pelo outorgado dos termos de outorga previstos nas regulamentações, ou por necessidade premente de se atenderem os usos prioritários e de interesse coletivo.

#### **3.5.3.1 Modalidades de outorga**

- a) Autorização – deve ser solicitada para realização de obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado,

quando não se destinarem à finalidade de utilidade pública (prazo máximo de 5 anos);

- b) Concessão – solicitada para realização de obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito público, quando se destinarem à finalidade de utilidade pública (prazo máximo de 20 anos);
- c) Permissão – solicitada para realização de obras, serviços ou atividades desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado, sem destinação de utilidade pública e quando produzirem efeitos insignificantes no curso de água (prazo máximo de 3 anos).

A outorga de direito de uso da água deve ser solicitada por meio de formulários próprios do IGAM (anexo 1) que contêm todas as informações necessárias à avaliação técnica do empreendimento e da disponibilidade hídrica. As outorgas em águas de domínio do Estado são obtidas junto ao IGAM, amparadas pela Lei 13.199/99; entretanto, as outorgas em águas de domínio da União são emitidas pela Agência Nacional de Águas, ANA (Brasil 2001), conforme a Lei 9.984/2000.

De acordo com o que a lei estabelece, a outorga deve ser solicitada antes da implantação de qualquer empreendimento cujo uso da água venha alterar o regime, a quantidade ou a qualidade do corpo de água, incluindo, além das captações, a construção de barragens e derivações, bem como o lançamento de efluentes.

As intervenções de curso sujeitas à solicitação de outorga são:

- Captação ou derivação de água em um corpo de água;
- Exploração de água subterrânea;
- Construção de barramento ou açude;
- Construção de dique ou desvio em corpo de água;
- Construção de estruturas de lançamento de efluentes em corpo de água;

- Construção de estrutura de recreação nas margens;
- Construção de estrutura de transposição de nível;
- Construção de travessia rodo-ferroviária;
- Dragagem, desassoreamento e limpeza de corpo de água;
- Lançamento de efluentes em corpo de água;
- Retificação, canalização ou obras de drenagem;
- Transposição de bacias; outras modificações do curso, leito ou margens dos corpos de água.

### **3.5.3.2 Documentação necessária para a obtenção da outorga**

Quando se quer implementar um empreendimento relacionado à geração de energia que envolva o uso de água ou qualquer utilização relacionada no item anterior, devem ser enviados aos órgãos competentes os seguintes documentos:

- Requerimento assinado pelo requerente ou procurador, juntamente com a procuração;
- Formulários próprios fornecidos pelo IGAM (anexo 1);
- Relatório técnico modelo fornecido pelo IGAM;
- Comprovante de recolhimento dos valores relativos aos custos de análise e publicações;
- Cópias do CPF/CNPJ e da carteira de identidade do requerente ou procurador;
- Cópia do registro do imóvel ou de posse do local onde será efetuada a captação com atualização máxima de 60 dias;
- ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) expedida pelo CREA;
- Documento de concessão ou autorização fornecido pela ANEEL (Brasil 2002), em caso de hidrelétrica ou de termelétrica;

- Documento emitido pelo Comitê de Bacias contendo as prioridades de uso, caso existente.

### **3.6 Documentos da ANEEL**

Quando se quer implementar um empreendimento relacionado à geração de energia, o projeto dele deve ser registrado na ANEEL, depois de realizados os estudos de impacto ambiental. A ANEEL dispõe de alguns documentos que devem ser preenchidos e de outros que estão disponíveis para consulta. Dentre os mais importantes, destacam-se:

- a) Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas situação 30/04/2003 - documento que apresenta a situação dos processos referentes aos estudos de inventário, viabilidade e projeto básico de usinas hidrelétricas;
- b) Resolução n.º 393, de 04 de dezembro de 1998 - estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas;
- c) Resolução n.º 394, de 04 de dezembro de 1998 - estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas;
- d) Resolução n.º 398, de 21 de setembro de 2001 - estabelece os requisitos gerais para apresentação dos estudos as condições e os critérios específicos para análise e comparação de Estudos de Inventários Hidrelétricos, visando à seleção no caso de estudos concorrentes;
- e) Despacho n.º 173, de 07 de maio de 1999 - documento de autorização para a exploração de central hidrelétricas;

- f) Ficha de resumo para estudos de viabilidade e projeto básico de AHE's e ficha resumo com as informações de projeto;
- g) "Check-List" de Aceite para fins de análise de Projeto Básico relação dos tópicos mínimos que deverão constar dos projetos básicos a serem apresentados para análise;
- h) Resolução 395/98 – estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de viabilidade e projeto básico.

### **3.7 Aspectos técnicos e econômicos de uma micro e pico centrais hidrelétricas**

Quando se pretende instalar ou restaurar um aproveitamento hídrico visando a geração de energia elétrica, é necessário que se avaliem aspectos técnicos e econômicos relativos à construção ou reforma, considerando a disponibilidade de material no local, tais como areia, pedra e outros, bem como aspectos geológicos e geográficos. Deve ser também levantada a série histórica da vazão de água e a qualidade dela. Isto se justifica pelo aumento da população em torno da propriedade, o que pode ou não ocorrer e, em consequência, haver diminuição da vazão ou poluição devido à emissão de efluentes.

Ocácia *et al.* (2003), afirmam que, tradicionalmente, o custo de 1kW instalado é utilizado como referência dos investimentos em geração hidrelétrica. Para o sistema interligado esse cálculo se refere a um fator de carga de 50%, o que provoca um erro de avaliação, pois a potência média utilizada apresenta um custo duas vezes maior do que o custo de instalação. Os autores analisam ainda o custo de 3 empreendimentos de aproveitamento hídrico para geração de energia e demonstram que para 2 KVA o custo do 1kW é de 650 dólares; 470 dólares para 5 kVA e 700 dólares para 50 kVA.

De acordo com Mauro Filho & Zanin (2003), os custos de conexão da central com o sistema de suprimento representam 5% do total do empreendimento; entretanto, o custo se reduz quando são feitas análises criteriosas.

### 3.8 Turbinas

Há vários tipos de turbinas empregados na geração de energia, mas os mais utilizados devido a custo inicial, facilidade no mercado e manutenção são:

- **Pélton:** Deste tipo de turbinas aproveita-se toda a energia da água em forma de energia cinética; contém um, dois ou mais injetores. A faixa de operação é bastante alta, podendo operar entre 10% e 100% da potência máxima. A turbina PÉLTON aplica-se em quedas de grande altura com pequenos caudais;
- **Hélice:** A turbina HÉLICE, considerada uma turbina de reação, é utilizada com maior frequência em aproveitamento com quedas abaixo de 12 metros. Tal como as do tipo FRANCIS;
- **Kaplan:** Uma forma aperfeiçoada da turbina HÉLICE é a turbina KAPLAN; ela apresenta os rotores com pás de passo variável que aumentam o rendimento;
- **Francis:** As turbinas FRANCIS são utilizadas em aproveitamento com quedas acima de 10m, podendo dizer-se que é, de todas as turbinas, a mais eclética;

- **Banki:** A turbina BANKI é considerada uma turbina de ação; nela o fluxo de água atravessa o rotor cilíndrico transversalmente com duas passagens pelas pás, usados para quedas maiores, geralmente em torno de 200 metros de queda;
- **Roda Pelton:** São rodas bastante usadas. O princípio das pás é o mesmo da turbina Pelton, geralmente feitas de ferro fundido, possuem um peso elevado e possibilitam uma grande estabilidade na rotação;
- **BFT (Bomba Funcionando como Turbina):** atualmente existem estudos e já há varias em funcionamento. São bombas comuns usadas para bombeamento de água. Encontram-se no mercado, facilmente, aplicadas no modo de turbina. Segundo Viana (1987), uma BFT tem alto rendimento de funcionamento e consegue maior rendimento trabalhando como turbina do que como bomba.

### 3.9 Geradores

Os geradores utilizados em MCH podem ser de vários modelos, dos mais simples ao mais sofisticados, de acordo com sua potência e número de fases.

Com relação à sua excitação, pode ser externa ou autoexcitado. O gerador com excitação externa depende de uma tensão de corrente contínua externa para criar o campo. Já o autoexcitado é como um dínamo ligado ao eixo do gerador. As diferenças entre os geradores estão diretamente relacionadas com o regulador de velocidade e controle de vazão. Cada modelo tem sua especificação necessária.

### **3.10 Reguladores:**

Um dos grandes problemas de uma MCH é o regulador de velocidade. Com baixo consumo, a rotação tende a aumentar elevando a tensão gerada; com alto consumo, a rotação baixa consideravelmente, reduzindo a tensão gerada.

O regulador pode ser de vários tipos controlando a excitação ou a vazão de entrada, mecânico, eletrônico ou digital.

O regulador mecânico é um controlador muito lento. Consiste em uma válvula que controla a vazão de entrada e pode ser automático ou manual. O automático funciona através de pêndulos que entram em rotação relacionados à velocidade da água; o manual é como um registro que diminui a água na entrada da turbina.

O regulador eletrônico utiliza chaveamento de semicondutores de potência para controlar a excitação ou para retirar ou colocar resistores de potência na saída do gerador. Um circuito eletrônico monitora as tensões consumidas e geradas; de acordo com os dados, aciona os circuitos eletrônicos de controle de corrente ou vazão de entrada da água. É bastante utilizado devido ao seu bom funcionamento e custo não fora dos padrões de uma microcentral hidrelétrica.

O regulador digital monitora varios parâmetros e emite vários comandos, pode ser programado para diversos níveis de comando, desde o chaveamento de resistores e válvulas de fluxo na entrada da turbina. O circuito que controla a excitação ou a vazão de entrada da água é praticamente o mesmo do regulador eletrônico.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Com a necessidade de uma energia elétrica alternativa, devido à falta e aos altos custos nos dias de hoje, este trabalho foi idealizado e realizado em duas propriedades. Delas se fez uma avaliação de custos em duas situações de revitalização de microcentrais hidrelétricas de menor porte e se analisam aspectos técnicos e econômicos para implantação e para obtenção de registro junto à ANEEL (Brasil 2003). São identificadas 14 microcentrais hidrelétricas e selecionadas 2 para estudo devido às melhores condições de conservação.

Primeira propriedade: trata-se de uma fazenda produtora de aguardente de cana-de-açúcar, denominada fazenda Carinhosa, situada no município de Perdões, MG, latitude, 21°05'27" sul, longitude 45°05'29" oeste. Nesta propriedade existe um córrego denominado Riacho da Serra. São avaliadas a capacidade de geração, o custo de investimento para a revitalização e reflexos na produção.

Segunda microcentral: localiza-se na propriedade Fazenda Esmeril, município de Coqueiral MG, latitude, 21°11'22" sul, longitude 45°26'26" oeste, cortada pelo rio Esmeril. Nesta central existe um lago de 750 m<sup>2</sup> e uma barragem de 15 metros de largura.

Na primeira propriedade a energia gerada foi totalmente destinada para o aquecimento de água, através de resistores elétricos. Como se trata de uma propriedade produtora de aguardente de cana-de-açúcar, utiliza-se uma caldeira para acelerar a realização do processo de produção. Esse sistema possui um reservatório de água na temperatura ambiente para abastecimento da caldeira. A caldeira é alimentada com o bagaço de cana; entretanto, o tempo gasto para elevar a temperatura da água é relativamente alto.

É realizada a análise do ganho de tempo de realização do processo de geração de vapor da caldeira, através da utilização de pré-aquecimento da água com o uso da energia elétrica gerada pela microcentral.

Na segunda microcentral realizou-se um estudo para registro da revitalização da microcentral hidrelétrica, considerando aspectos legais e custo de revitalização de uma microcentral hidrelétrica de maior porte, para obtenção de registro junto à ANEEL; a intenção do produtor é produção de energia e, futuramente, comercialização dessa energia elétrica.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A avaliação dos dois empreendimentos considerou o custo de energia do mês de junho de 2003. A concessionária local, que nesta localidade é servida pela CEMIG, estabelece valores diferentes para cada situação. A energia neste caso é rural e o preço do kWh rural equivale a R\$0,39 (trinta e nove centavos de real). Foram considerados também as condições e conservação de barragem, canal e equipamentos. Doze das quatorze microcentrais hidrelétricas foram julgadas inviáveis para revitalização, havendo ainda falta de interesse dos proprietários em investir neste tipo de empreendimento. Algumas delas também apresentaram redução no volume de água, tornando a revitalização inviável. Outras foram inviabilizadas graças ao alto grau de poluição da água.

### **5.1 - Primeiro caso analisado**

#### **5.1.1 - Avaliação do estado de conservação da central**

Na usina da Fazenda Carinhosa o canal é do tipo escavado na terra e a câmara de carga é de concreto. Parte da água é utilizada no moinho de fubá. A turbina é do tipo roda Pelton. As condições iniciais da microcentral apresentavam um assoramento do canal de terra; a tubulação forçada estava com vazamento interno prejudicando o rendimento da geração de energia elétrica; a roda Pelton, devido ao longo período em contato com umidade e água, estava em situação precária e o gerador apresentava defeitos visíveis.

Inicialmente, na fazenda Carinhosa, realizou-se um estudo para a cálculo da potência gerada; os dados foram obtidos, especificamente, na época

mais seca do ano, a fim de não ocorrerem problemas na época seca, com a falta d'água.

O primeiro dado obtido foi a vazão do córrego, com o emprego de dois métodos para se ter um real valor da vazão: O primeiro método baseou-se em dois pontos distantes 4 metros, com um objeto flutuante no ponto a montante e um cronometro mediu o tempo gasto para percorrer os dois pontos. A esse tempo obtido aplicou-se a equação 1:

$$Q = 0,8 \times L \times A/t \quad (1)$$

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s

L = comprimento do trecho entre os dois pontos = 4 metros

A = médias das áreas das seções transversais = 0,048m<sup>2</sup>/ 3

t = tempo gasto no percurso (s) = 3 segundos

0,8 = correção da velocidade superficial

Assim,

$$Q = 0,8 \times 4m \times 0,048m^2/ 3 = 0,0512 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ou } Q = 51 \text{ litros/s.}$$

Para o outro método, foi utilizado um molinete. Este aparelho permite determinar a velocidade da água. Comparado ao primeiro método, as medidas do molinete foram satisfatórias, com uma média de 50 litros/s. Para a determinação do potencial de geração, considerando-se a altura de 4 metros, aplicou-se a equação 2, resultando na potência de:

$$P = 9,8 \times Q \times H \times \eta \quad (2)$$

Em que,

P = Potência em Quilowatts hora (kW)

Q = Vazão em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>)

H = Desnível da queda d'água

$\eta$  = Rendimento total, adotado 75%

Assim

$P = 9,8 \times 0,051 \times 4,5 \times 0,75 \text{ kW} = 1,7 \text{ kW}$ , correspondendo à potência gerada na seca.

Com base nesse cálculo, foi realizada uma avaliação no local para constatar a necessidade de se adquirir novos equipamentos ou se decidir pelo aproveitamento daqueles já existentes. Constatou-se que deveriam ser substituídos o gerador e a turbina, neste caso a roda Pelton, porque se encontravam em um estado de conservação precário, o que inviabilizaria a reforma. Foi então instalado um gerador síncrono de 2 kW (figura 2), de excitação externa, cedido, temporariamente, via convênio pelo Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. A roda Pelton (figura 3) foi substituída por uma de dimensões equivalentes, adquirida em um antiquário e em perfeito estado de conservação. Também foram adquiridas correias para o acoplamento.



FIGURA 2

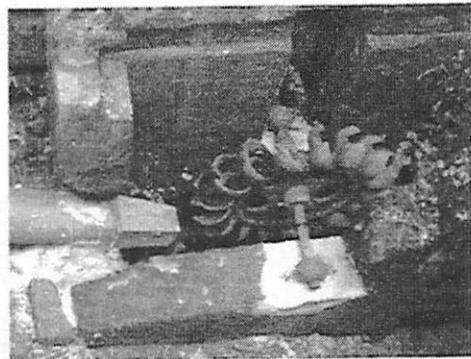


FIGURA 3

A câmara de carga ou caixa de retenção (figura 4) se encontrava em bom estado, mas com a tubulação forçada já obstruída e rompida em alguns pontos.

Decidiu-se por utilizar uma tubulação de PVC de 200 mm de diâmetro colocada dentro da tubulação antiga de cerâmica. A sítia (figura 5) foi substituída por uma nova, confeccionada em zinco.

O regulador de excitação (figuras 6 e 7) faz parte do convênio. Para regulação da tensão e frequência optou-se por manter a carga constante, através da utilização de chaves de reversão que, ao serem acionadas determinada carga, retiram do gerador outra carga de mesma potência, automaticamente. Quando a carga é desligada, ao gerador é conectado automaticamente um banco de resistência utilizado para o aquecimento de água, utilizado continuamente no processo produtivo. A figura 8 ilustra o diagrama de chaveamento de cargas.

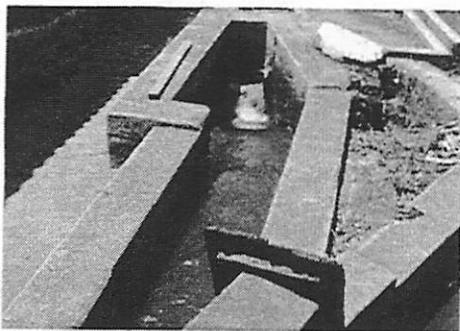


FIGURA 4

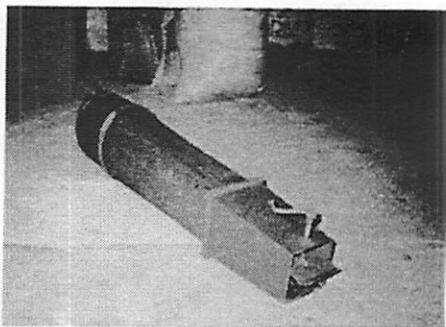


FIGURA 5

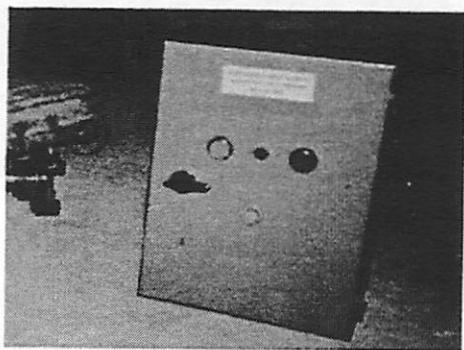


FIGURA 6

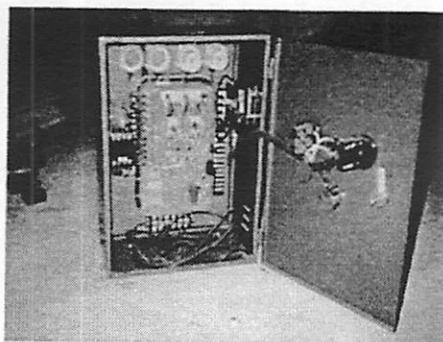


FIGURA 7

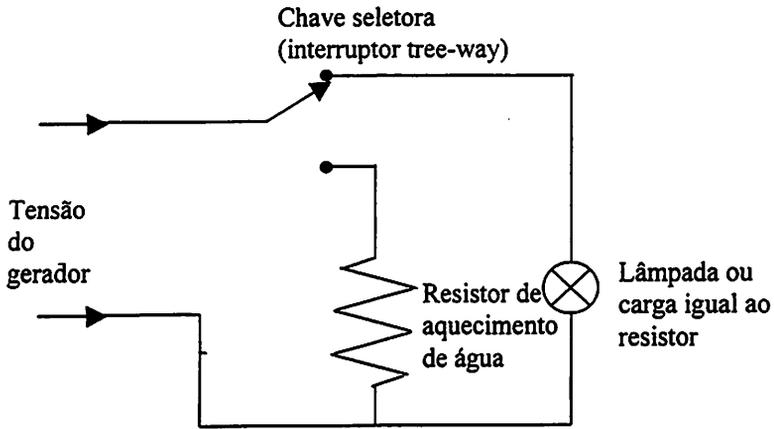


FIGURA 8 – Diagrama esquemático do sistema de regulação de carga

O esquema de montagem da microcentral segue conforme o croqui da figura 9; a montagem é vertical, aproveitando a montagem antiga.

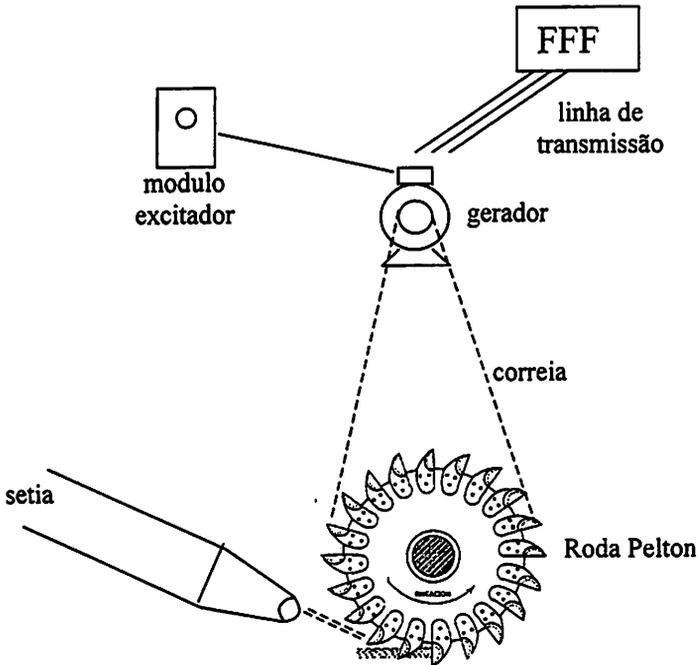


FIGURA 9 – Croqui da montagem da microcentral hidrelétrica

A produção da fazenda se limita ao número de fornadas, em média 3 por dia. No início do dia coloca-se na caldeira o bagaço da cana. O tempo gasto para que a temperatura da água se eleve da temperatura ambiente (cerca de 25 °C) até a temperatura de 100 °C é de 4 horas. A seguir, vêm-se os dados (tabela 5) obtidos usando-se a caldeira sem o pré-aquecimento da água.

TABELA 5 – Sem pré-aquecimento

Hora	Temperatura (°C)	Nº de Fornadas
→ 6	25	
10	100	1
→ 10	25	
14	100	2
→14	25	
18	100	3

Como o abastecimento da caldeira é promovido por um reservatório de 150 litros de água, conseguiu-se com a energia gerada pela picocentral aquecer a água que estava no reservatório, em média, 11°C por hora; com isso, esta água vai pré-aquecida para a caldeira,

Dando início ao ciclo, a primeira fornada manteve-se com a situação sem pré-aquecimento; a segunda fornada elevou a temperatura para 65 °C, reduzindo o tempo para a água do processo atingir a vaporização. Consequentemente, conseguiu-se elevar o rendimento da produção de aguardente, com uma fornada a mais, diariamente (tabela 6).

TABELA 6 – Com pré-aquecimento

Hora	Temperatura (°C)	Nº de fornadas
→ 6	25	
10	100	1
→10	65	
12	100	2
→12	45	
15	100	3
→15	55	
17:30	100	4

Fisicamente, o que ocorre é a transferência da energia dissipada na resistência para os 150 litros de água. Considerando que cada resistência é de  $100 \Omega$ , a potência será de

$$P = V^2/R \quad (3)$$

Em que,

P = Potência em watts

V = Tensão aplicada

R = Resistência dos resistores de aquecimento

$$P = 220^2/100 = 484 \text{ Watts} \times 4 \text{ (resistores)} = 1936 \text{ W.}$$

A energia cedida para a água, por minuto, será:

$$E = P \times \Delta t \quad (4)$$

$$E = 1936 \times 60s = 116.160 \text{ cal}$$

Como  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ , tem-se:  $Q = 116.160 \text{ cal} / 4,18 \text{ J} = 27789 \text{ J}$ .  
Considerando o calor específico da água como  $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  e a massa de 150 litros de água como 150 kg, a elevação da temperatura da água será:

$$Q = m.c. \Delta\theta \quad (5)$$

$$27789 = 150000 \times 1 \times \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 0,19 \text{ }^\circ\text{C} \text{ por minuto}$$

Para cada hora, a água terá sua temperatura elevada em  $11,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Naturalmente o tempo gasto para a água atingir a temperatura final será elevado, porque a potência da usina é relativamente pequena. Entretanto, considerando que a resistência de aquecimento ficará permanentemente ligada, o tempo deixa de ser relevante, pois será considerado o regime permanente.

### **5.1.2 Avaliação de custo de revitalização da central**

Os custos de obras e serviços foram realizados com base no IPC de julho de 2003. A Tabela 6 apresenta os custos itemizados para a realização da reforma. Conforme se observa, o retorno do investimento, considerando-se o custo do kWh oferecido pela concessionária de energia, é de 20 meses. Embora cedidos pela Universidade, nesta avaliação os custos foram feitos com equipamentos novos.

TABELA 7 – Custo de revitalização da central Carinhosa : valores reais

ITEM	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO R\$	TOTAL R\$
Cano PVC 200 mm	2 un	105,00	210,00
Cimento	2 sc	25,00	50,00
Roda pelton	1 un	150,00	150,00
Rolamento	2 un	70,00	140,00
Acoplamento mancal	2 un	45,00	90,00
Fio 6 mm <sup>2</sup>	100 m	0,80	80,00
Polia 2 canais 50 cm	2 un	190,00	190,00
Correia	2 un	85,00	190,00
Pedreiro	2 dias	25,00	50,00
Servente	2 dias	15,00	30,00
Gerador 2 kW	1 un	1370,00	1370,00
<b>TOTAL</b>			<b>2550,00</b>

Para um gasto mensal médio de energia elétrica na ordem de R\$ 170,00 (cento e setenta reais), o investimento seria liquidado em 15 meses. Esse valor ficou mais acessível devido ao uso da Roda Pelton. Uma MCH completa, com turbina, gerador e conjunto de resistores para aquecimento com capacidade de geração de 2,0 KW tem o custo estimado em R\$3.500,00. Somados R\$ 420,00 pelo serviço de alvenaria e tubulação, o custo para instalação do conjunto atingiria R\$ 3.920,00 (três mil novecentos e vinte reais).

Com isso, o prazo do retorno do investimento seria da ordem de 24 meses, neste custo não estão incluídos taxas, juros, depreciação e manutenção, uma vez que vai ser operada pelo proprietário da fazenda.

## 5.2 Segundo caso Analisado

### 5.2.1 Avaliação do estado de conservação da central

A propriedade Fazenda Esmeril se encontra no município de Coqueiral MG, latitude, 21°11'22'' Sul, longitude 45°26'26'' Oeste, ortada pelo rio Esmeril. Nesta microcentral existe um lago de 750 m<sup>2</sup> e uma barragem de 15 metros de largura. A altura manométrica é de 8 metros e o canal mede 220 metros de extensão, confeccionado com tijolo de barro e revestido com argamassa de concreto.

A turbina é do tipo francis em caixa aberta, onde o fluxo entra radialmente e sai axialmente por um canal de fuga, retornando ao leito natural do rio. As Figuras 10 e 11 apresentam uma cópia digitalizada da fotografia do canal, nela se destaca o estado de erosão de suas paredes e as obstruções do canal por assoreamento

A Figura 12 apresenta a fotografia digitalizada da barragem, onde se observa-se que o estado de conservação é perfeito, sem qualquer ponto de vazamento. A Figura 13 apresenta a fotografia do sistema de turbinamento .

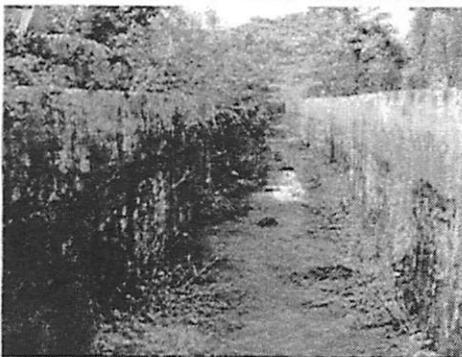


Figura 10 - Canal de adução

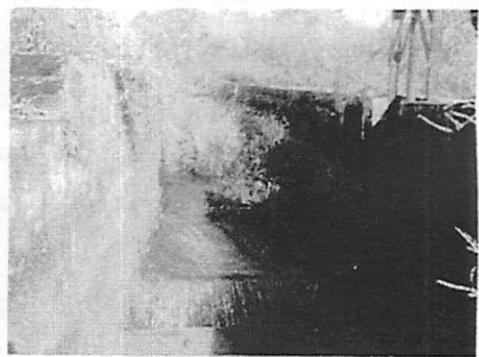


Figura 11 - Canal de adução



**FIGURA 12 - Barragem**



**FIGURA 13 – Sistema de turbinamento**

Em uma avaliação visual da turbina, observou-se seu estado de conservação precário, com um desgaste excessivo, mas sua reforma poderia ser viabilizada. O gerador não existia mais, pois fora vendido em épocas passadas, quando da aquisição da propriedade pelos atuais proprietários.

Também não havia mais a rede elétrica, porque postes de madeira não suportaram a ação das intempéries dos longos anos de existência. Neste caso, considerou-se o aproveitamento da rede atual da concessionária na avaliação dos custos, através da adoção de chaves seccionadoras seletoras da fonte de alimentação. Desta forma o que se pretende é oferecer uma opção de escolha do fornecedor, ou seja, a concessionária ou a usina de autoprodução.

### **5.2.2 Avaliação de custo de revitalização da central**

Os custos de obras e serviços foram realizados com base no IPC de julho de 2003. A Tabela 8 apresenta os custos itemizados para a realização da parte civil da usina avaliados pelo Eng. Civil Tarley Ferreira de Souza.

Tabela 8 – Custos da parte civil da microcentral

Item	Especificação	Unid.	Quant	Preço Unit.	Preço total
1	Capine e limpeza	m <sup>2</sup>	480	0,95	456,00
2	Demolição e revestimento	m <sup>2</sup>	1.272	0,88	1.119,36
3	Paredes tijolos maciços	m <sup>2</sup>	150	45,12	6.768,00
4	Recuperação estrutural	vb	01	4.000,00	4.000,00
5	Aplicação de chapisco	m <sup>2</sup>			
6	Revest. c/ impermeabilizante	m <sup>2</sup>			
7	Serviços na caixa de pressão	vb	01	2.200,00	2.200,00
8	Demolição de casa	vb	01	700,00	700,00
9	Construção de casa nova	m <sup>2</sup>	45,90	200,00	9.180,00
10	Coletas de águas pluviais	vb	01	1.500,00	1.500,00
11	Engenharia (projetos, RT)				2.000,00
<b>Total geral dos serviços</b>					<b>43.708,88</b>

Eng. Civil – CREA 1002/D RJ

A parte da turbina, geração e rede de distribuição foram levantados; calculados, seus dados revelaram os seguintes valores de mercado:

Item	Especificação	Unid.	Quant	Valor unit.	Preço total
1	Turbina HISA 61 kW	un	01	90.000,00	90.000,00
2	Valor de montagem			18.000,00	18.000,00
3	Gerador 80 KVA	un	01	5.654,00	5.654,00
4	Rede de distribuição			37.600,00	37.600,00
<b>Total geral</b>					<b>151.254,00</b>

### Análise econômica

item	Especificação	Preço R\$
1	Obra civil	43.708,88
2	Turbina (5% IPI, 20% montagem, 5% transporte)	119.070,00
3	Gerador (5% IPI, 20% montagem, 5% transporte)	6.857,46
4	Painel	10.000,00
5	Eletrificação	37.600,00
6	Serviço de Engenharia	20.000,00
	Total Geral da Obra	237.236,34

A concessionária local (CEMIG) oferece o kW/h a R\$0,19 (dezenove centavos), toda a energia produzida deve ser entregue a ela e ter os padrões de qualidade da concessionária, mantendo o seu padrão de qualidade. Com o poder de geração da ordem de 90 kWh/h; rendimento seria de R\$ 17,10 (dezesete reais e dez centavos a hora); em um dia, R\$ 410,00 (quatrocentos e dez reais) e no mês, R\$ 12.722,40 (doze mil, setecentos e vinte e dois reais e quarenta centavos).

Para manter a energia gerada constante nos padrões exigidos será necessário contratar profissionais da área, como técnicos em eletricidade e a supervisão de um engenheiro responsável, com um custo mensal de R\$3.500,00 (três mil e quinhentos reais), totalizando um gasto que será abatido no total gerado do mês:  $R\$12.722,40 - 3.500,00 = R\$9.222,40$  (nove mil duzentos e vinte e dois reais e quarenta centavos)

Com um custo final da ordem de R\$ 237.236,34, seriam necessários, aproximadamente, 26 meses ( $237.236,34 / 9.222$ ).

## 6 CONCLUSÕES

A revitalização de microcentrais é viável técnica e economicamente. Em alguns casos, a viabilidade econômica fica comprometida e dependente de um uso intensivo da energia elétrica produzida, e/ou do tipo de contrato a ser realizado com a concessionária local para comercialização da energia elétrica.

Os dois casos estudados mostraram as diferenças e evidenciaram a necessidade de um programa governamental que envolva a concessionária para mapear e fomentar iniciativas viáveis.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA JÚNIOR, R. A.; SALECKER, J. C. **Mini e Micro Centrais Hidroelétricas**. Londrina: UEL. 1999. 68 p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 11 nov. 2003.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. acesso em: 13 nov.2002.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 07 jun. 2003.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2003.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. Luz no Campo. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.eletronbras.gov.br>>. Acesso em: 10 de set. 2003.

- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. (Eletrobras). Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Manual de Microcentrais Hidrelétricas. Rio de Janeiro, 1985. 344 p.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. (Eletrobras). Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Manual de Minicentrais Hidrelétricas. Rio de Janeiro, 1985. 530 p.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE MINAS GERAIS. Energia Alternativa: microcentrais hidrelétricas – MCH. Belo Horizonte, 1995, 16 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Censo 2000. Brasília, 2000.
- MAURO FILHO, I.; ZANIN, W.R. Viabilização de PCH's conexão elétrica. PCH Notícias & SPH News, Itajubá, v. 5, p.17-19,2003.
- OCÁCIA, G.C.; JORGE, R.R.; BRISTOTI, A.; BALBINOT, A. Fator de carga no custo do kWh em Microcentrais Hidrelétricas isoladas. PCH Notícias & SPH News, Itajubá, v. 5, p.13-16,2003.
- PATTERSON, W. Transforming Electricity: the coming generation of change. London: Royal Institute of International Affairs/Earthscan, 1999. 2003.
- VIANA, A. N. C. Comportamento de Bombas Centrifugas funcionando como turbinas hidráulicas. 1987. 104 p. Dissertação (Mestrado em

Mecânica-Máquinas de Fluxo) – Escola Federal de Itajubá (UNIFEI),  
Itajubá.

## ANEXO 1

FORMULÁRIO TÉCNICO - ÁGUA SUPERFICIAL							Folha 01	
Para uso do IGAM				Data		Processo nº		
<b>1. Identificação do requerente – Pessoa física</b>								
Nome								
CPF			Identidade					
Endereço								
Caixa Postal		Município		UF		CEP		
DDD	Fone	Fax	E-mail					
<b>2. Identificação do requerente – Pessoa jurídica</b>								
Nome / Razão social								
Nome fantasia			CNPJ					
Endereço								
Caixa Postal		Município		UF		CEP		
Inscrição estadual			Inscrição municipal					
Endereço p/ correspondência								
Caixa Postal		Município		UF		CEP		
DDD	Fone	Fax	E-mail					
<b>3. Responsável técnico pelo processo de outorga</b>								
Nome / Empresa			CREA		ART			
Endereço								
Caixa Postal		Município		UF		CEP		
DDD	Fone	Fax	E-mail					
<b>4. Localização do uso dos recursos hídricos</b>								
Local (fazenda, sítio etc.)			Município					
Área da propriedade (ha)		Latitude		Longitude				
Método de medida das coordenadas (GPS, escala mapa)								
<b>5. Modalidade de outorga</b>								
(Tabela 1)								
<b>6. Modalidade do uso dos recursos hídricos</b>								
(Tabela 2)								

Obra implantada (sim / não)		Data de implantação	
<b>7. Finalidade do uso</b>			
(Tabela 3)			
<b>7.1 Irrigação</b>			
Área da propriedade apta para irrigação (ha)		Área a ser irrigada (ha)	
Culturas irrigadas		Método de irrigação	(Tabela 4)
Período de irrigação:		Horas/dia	Dias/mês
			Mês/ano
<b>7.2 Consumo humano</b>			
População		Tratamento de água (sim / não)	
<b>FORMULÁRIO TÉCNICO - ÁGUA SUPERFICIAL</b>		<b>Folha 02</b>	
<b>7.3 Abastecimento público</b>			
Localidade abastecida (sede, distrito)			
População atual		População de final de plano (20 anos)	
Tratamento de água (sim / não)		Tipo de tratamento	(Tabela 5)
<b>7.4 Dessedentação de animais</b>			
Tipo de criação	(Tabela 6)	Nº de cabeças	
<b>7.5 Consumo industrial</b>			
Tipologia industrial	(Tabela 7)	Produção média anual	
<b>7.6 Piscicultura</b>			
Tipo de estrutura	(Tabela 8)	Nº de tanques	Espelho d'água (m <sup>2</sup> )
Vazão captada para o sistema (m <sup>3</sup> /s)		Vazão retornada ao curso de água (m <sup>3</sup> /s)	
Localização da estrutura:	<input type="checkbox"/> No leito do curso de água	<input type="checkbox"/> Fora do leito do curso de água	
<b>7.7 Lavagem de veículos</b>			
Tratamento do efluente (sim / não)		Nº de veículos lavados/dia	
Vazão utilizada (m <sup>3</sup> /s)		Volume diário (m <sup>3</sup> )	
<b>7.8 Extração mineral de curso de água</b>			
Mineral extraído			
Início da intervenção:	Latitude	Longitude	
Fim da intervenção:	Latitude	Longitude	
Trecho do curso de água alterado ou utilizado (km)		Volume dragado (m <sup>3</sup> /mês)	
<b>7.9 Veiculação e depuração de esgotos ou efluentes</b>			

Origem do efluente	(Tabela 9)	Vazão de lançamento (m³/s)	
Enquadramento do corpo receptor	(Tabela 10)	Sistema de tratamento	(Tabela 11)
<b>Características do efluente:</b>			
Concentração de DBO (mg/L)		Concentração de Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	
Temperatura (°C)		Concentração de Sólidos Totais (mg/L)	
Seção do curso de água no ponto de lançamento (m²)			
<b>8. Características geográficas e hidrológicas do ponto de captação</b>			
Curso de água			
Bacia estadual		Bacia federal	
Área de drenagem a montante do ponto de captação (km²)			
Vazão Q <sub>7,10</sub> (m³/s)		Vazão média de longo termo (m³/s)	
Vazão medida (m³/s)		Data / Período	
<b>9. Características da captação</b>			
Gravidade	<input type="checkbox"/> Canal de derivação	<input type="checkbox"/> Tubulação	Recalque N° de bombas
Dimensões			Vazão por bomba (m³/s)

<b>FORMULÁRIO TÉCNICO - ÁGUA SUPERFICIAL</b>											<b>Folha 03</b>	
<b>Vazão solicitada:</b>												
Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vazão (m³/s)												
Horas/dia												
Dias/mês												
Volume (m³)												
<b>10. Barramento ou açude em curso de água</b>												
Área inundada (m²)			Volume de acumulação (m³)									
Volume morto (m³)			Projeto e planta incluídos (sim / não)									
Volume mínimo p/ garantir a vazão residual a jusante (m³)												
Descarga de fundo:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Estrutura de descarga									
<b>11. Dique ou desvio em corpo de água</b>												
Trecho do curso de água alterado ou utilizado (km)												
<b>12. Estruturas de recreação nas margens</b>												

Trecho do curso de água alterado ou utilizado (km)					
<b>13. Estruturas de transposição de nível</b>					
Trecho do curso de água alterado ou utilizado (km)					
<b>14. Travessia rodo-ferroviária sobre curso de água</b>					
Trecho do curso de água alterado ou utilizado (km)					
<b>15. Garantia de tirantes mínimos para navegação hidroviária</b>					
Trecho do curso de água utilizado (km)					
<b>16. Retificação, canalização ou obras de macro-drenagem</b>					
Trecho do rio canalizado ou a ser canalizado (km)					
Início da intervenção:	Latitude		Longitude		
Fim da intervenção:	Latitude		Longitude		
Vazão de projeto (m³/s)				Tempo de retorno (anos)	
<b>17. Desassoreamento e limpeza de corpo de água</b>					
Trecho do rio alterado (km)					
Início da intervenção:	Latitude		Longitude		
Fim da intervenção:	Latitude		Longitude		
<b>18. Transposição de bacias</b>					
<i>Curso de água fornecedor:</i>			<i>Curso de água receptor:</i>		
Nome			Nome		
Bacia estadual			Bacia estadual		
Bacia federal			Bacia federal		
Vazão média de longo termo (m³/s)			Vazão média de longo termo (m³/s)		
Vazão média máxima (m³/s)			Vazão média máxima (m³/s)		
Vazão média mínima (m³/s)			Vazão média mínima (m³/s)		