



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GGH 10  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO I**

### **GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH**

#### **MELHORIA DA ATRATIVIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS ATRAVÉS DA COMERCIALIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO**

**Milton Francisco dos Santos Junior \***

**COPEL GERAÇÃO S.A.**

## **RESUMO**

O artigo mostra como cenário de fundo a importância de investimentos em infra-estrutura e a descentralização da geração de energia no país. Nesse sentido, apresenta as características positivas das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e avalia o mercado potencial para os próximos anos, a luz do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal.

Apresenta o mercado de créditos de carbono, abrangendo o Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Demonstra o *status* das atividades de projeto no âmbito do MDL no Brasil e no mundo.

Mostra como se dá o processo de comercialização dos Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) e apresenta um estudo a respeito do comportamento dos seus preços de comercialização e dos custos envolvidos para a sua obtenção, enfatizando empreendimentos com características de PCHs.

Como o preço de comercialização dos CERs pode ser negociado livremente, apresentando variações que devem ser levadas em consideração na avaliação da viabilidade da implantação desses projetos, o artigo analisa a sensibilidade destas variações sobre a atratividade econômico-financeira das PCHs.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Pequena central hidrelétrica (PCH), créditos de carbono, viabilidade econômico-financeira, desenvolvimento sustentável, Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A estabilização da moeda, o ajuste macroeconômico que vem sendo alcançado nos últimos anos, a abertura comercial para a economia mundial, a formação de blocos econômicos, o início da realização de reformas estruturais buscando crescimento econômico sustentado e a consolidação do novo modelo para o setor elétrico, criam um ambiente de recuperação da economia nacional. Ressalta-se que não ocorrerá crescimento continuado da economia nacional se não forem realizados investimentos em infra-estrutura, em especial na expansão da oferta de energia elétrica.

O Brasil é um país com enorme potencial de energia de fonte renovável, com destaque para a hidreletricidade. No entanto verifica-se que os locais disponíveis para grandes aproveitamentos hidrelétricos estão cada vez menos atraentes, mais distantes dos centros de consumo e mais escassos. Dentro do potencial renovável encontram-se as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) que produzem energia elétrica, além de tudo, limpa.

Apesar da tendência de aumento da participação de outras fontes, devido a atuais restrições sócio-econômicas e ambientais contra projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não

(\*) Rua José Izidoro Biazetto, 158 – sala 217 - Bloco A – CEP 81.200-240 Curitiba, PR – Brasil  
Tel: (+55 41) 3331-2914 – Fax: (+55 41) 3331-3513 – E-mail: milton.santos@copel.com

convencionais, que continuam pouco competitivos economicamente, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. É primordial, no entanto, que o aproveitamento do potencial hidráulico seja feito de forma social e ambientalmente sustentável.

Em diversos países verifica-se o incentivo ao aproveitamento de fontes alternativas de energias renováveis. Paralelamente, é crescente a preocupação com as questões ambientais e, em especial, aumenta o comprometimento com a redução de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

As PCHs estão passíveis de obtenção de créditos de carbono, pois sua implantação sugere a substituição de outras fontes de geração que estariam emitindo maiores quantidades de gases de efeito estufa para a atmosfera.

## 2.0 - AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHS) NO BRASIL

As recentes mudanças institucionais e de regulação, assim como a revisão do conceito de PCHs, têm estimulado a proliferação de aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte e baixo impacto ambiental, promovendo o desenvolvimento de regiões remotas do país.

A resolução nº 652 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de 09 de dezembro de 2003, estabelece que os aproveitamentos hidrelétricos com características de PCH são aqueles que têm potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km<sup>2</sup>. O aproveitamento hidrelétrico que não atender essa condição para a área do reservatório ainda poderá ser considerado PCH, caso atenda algumas outras condições.

Por uma série de causas, inclusive externas ao setor, como a criação de um mercado para as energias renováveis, compromissos de governo em acordos internacionais de substituição progressiva de combustíveis fósseis, interesse em atrair novos empreendedores e investidores, dentre outros, tem-se implementado mudanças institucionais e de regulação incentivando a entrada de novos agentes na indústria de energia elétrica.

Os principais atrativos das PCHs são:

- a dispensa de licitação para obtenção da concessão, bastando o empreendedor obter autorização da ANEEL;
- a isenção de pagamento da taxa de compensação financeira aos Estados e Municípios;
- a isenção da obrigação de aplicar, no mínimo, 1% de sua receita operacional líquida em P&D;
- a isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos;
- a possibilidade de comercializar a energia elétrica com consumidores cuja carga seja maior ou igual a 500 kW;
- redução de, no mínimo, 50% no pagamento dos encargos por uso das redes de transmissão e distribuição; e
- possibilidade de se optar pelo regime de tributação pelo lucro presumido.

### 2.1 O mercado das PCHs

Visualizam-se cinco opções de comercialização para a energia proveniente de PCHs:

- venda em Leilão de Novos Empreendimentos para o Ambiente de Contratação Regulada (ACR);
- venda no mercado livre, diretamente a consumidores livres;
- venda para a Eletrobrás no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA);
- venda a Distribuidores na modalidade Geração Distribuída<sup>1</sup>;
- venda direta a Distribuidores de pequeno porte<sup>2</sup>.

De acordo com o Informe à Imprensa, emitido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 13 de março de 2007, referente ao cadastro de empreendimentos para participar do Leilão de Fontes Alternativas, a ser realizado em 2007, das 143 usinas interessadas em participar do processo, 77 são PCHs, somando 1.281 MW de potência, o que representa praticamente 54% do total de empreendimentos cadastrados para o certame, conforme Figura 1.

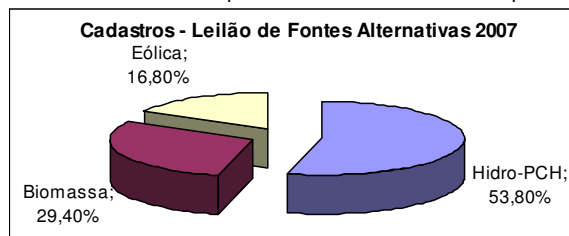


FIGURA 1: Leilão de Fontes Alternativas de Energia 2007 – cadastro por fonte  
FONTE: EPE, 2007

Lembra-se que estão excluídos deste montante todos os projetos de PCHs contemplados pelo PROINFA. O volume total contratado pelo PROINFA para esta fonte de energia, segundo Eletrobrás, ficou em torno de 1.100 MW, o que corresponde a um quarto da potência total autorizada pela ANEEL para PCHs até 2006.

<sup>1</sup> As Distribuidoras podem contratar energia proveniente de usinas térmicas com eficiência energética superior a 75% e PCHs, segundo Arts. 14 e 15 do Decreto nº 5.163/04, que estejam conectadas ao seu sistema, sob o rótulo de Geração Distribuída, até o limite de 10% de sua necessidade.

<sup>2</sup> Distribuidores com mercado próprio inferior a 500 GWh/ano podem adquirir energia elétrica diretamente das empresas geradoras mediante processo de licitação pública por eles promovido.

Na Tabela 1 verifica-se o crescente número de autorizações para PCHs desde 1998 até meados de 2007, totalizando 4.477,70 MW instalados.

TABELA 1 – Autorizações de PCHs e potência instalada

-	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Nº DE AUTORIZAÇÕES	5	26	50	43	106	33	47	23	7	340
POTÊNCIA (MW)	15,7	337,7	576,2	622,6	1.625,7	442,4	597,8	259,2	80,14	4.557,84

FONTE: ANEEL, 2007

As PCHs representam, atualmente, uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, tendo em vista sua rapidez de implantação, a descentralização da produção, diminuindo perdas em longos sistemas de transmissão, e a diversificação da matriz energética e dos agentes de geração.

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 22 de janeiro de 2007, enuncia diversos incentivos a expansão da geração de energia elétrica através de empreendimentos hidrelétricos. Traz no seu bojo a indicação de alguns grandes aproveitamentos hidrelétricos e anuncia benefícios estendidos aos demais, não explicitados diretamente, aí incluídas as PCHs, principalmente no que se refere a melhoria das condições de financiamento e desoneração fiscal.

## 2.2 As PCHs e o Meio Ambiente

Os empreendimentos com características de PCH, pela própria definição, são empreendimentos que afetam diretamente áreas muito reduzidas, por isso produzem poucos impactos ambientais negativos e significativos, quando comparados com outros tipos de geração de energia elétrica.

Questão controversa surge quando se analisam as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em usinas que possuem grandes reservatórios de acumulação. Sob o ponto de vista de emissão de GEE, as PCHs a fio d'água são consideradas livres de emissão. Cabe ressaltar que, atualmente, o licenciamento ambiental para empreendimentos hidrelétricos exige o desmatamento prévio da área a ser alagada pela formação dos reservatórios, o que minimiza o impacto da geração de GEE por matéria orgânica submersa.

Para fins de determinação da quantidade de emissão de GEE, têm-se feito medições em reservatórios de usinas hidrelétricas. A respeito dos valores médios obtidos até agora nessas medições, é necessário que se melhore a pesquisa levando em consideração o nível da incerteza. Mesmo considerando toda a incerteza sobre o assunto, a metodologia consolidada *ACM0002*, do Comitê Executivo do MDL, leva em conta fórmulas específicas para a estimativa de emissões de GEE por grandes reservatórios de acumulação.

Os projetos de PCHs melhoram o fornecimento de eletricidade com energia hidrelétrica limpa e renovável, ao mesmo tempo em que contribuem com o desenvolvimento sócio-econômico regional.

## 3.0 - O MERCADO DE CARBONO

Ao longo das últimas décadas a concentração de gases de efeito estufa vem aumentando por diversas causas, mas principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis. Como consequência, de acordo com cientistas, está ocorrendo um processo de aquecimento global, colocando em perigo o delicado balanço de temperatura que torna o nosso meio ambiente habitável.

No início de 2007, o Painel Internacional de Mudanças Climáticas (*IPCC*), grupo criado pela Organização das Nações Unidas (ONU), emitiu seu quarto relatório a respeito desses fenômenos. O grupo descobriu que há hoje indícios mais concretos sobre o aquecimento e sobre a responsabilidade humana.

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas, realizada no Rio de Janeiro, foi assinada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (*UNFCCC*). Reconhecendo a mudança do clima como “uma preocupação comum da humanidade”, os governos que a assinaram tornaram-se Partes da Convenção, propondo-se a elaborar uma estratégia global “para proteger o sistema climático para gerações presente e futuras”.

Na 3ª Conferência das Partes (*COP-3*), realizada em 1997, foi celebrado o Protocolo de Quioto, incluindo metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de GEE. Para o horizonte compreendido entre 2008 e 2012, as emissões de GEE devem ser reduzidas em 5,2% na média, com relação aos níveis de 1990.

Os níveis de emissões atuais são muito superiores aos verificados naquela época. Uma estimativa realizada pelo Centro Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) é apresentada na Tabela 2.

Nota-se que a redução necessária para que se cumpra a meta do Protocolo de Quioto, entre os anos de 2008 e 2012, é muito significativa, pois os níveis de emissão atuais estão muito elevados se comparados aos de 1990, e são superiores aos níveis verificados em 1997, quando da assinatura do Protocolo.

TABELA 2 - Compromissos de redução e emissões projetadas (estimativas altas, em MtC)

	Emissões em 1990	Meta de Quioto	Emissões permitidas diante da meta (em MtC)	Emissões projetadas para 2010 em situação "business as usual"	Redução necessária para cumprir a meta de Quioto	%
EUA	1.362	93%	1.267	1.838	571	32%
Japão	298	94%	289	424	144	33%
União Européia	822	92%	756	1.064	308	28%
Outros Países OECD	318	95%	300	472	171	36%
Europa Oriental	266	104%	277	395	118	42%
Ex-URSS	891	98%	873	763	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>3.957</b>		<b>3.753</b>	<b>4.956</b>	<b>1.312</b>	<b>26%</b>

FONTE: CEBDS, 2001

O Protocolo de Quioto estabeleceu mecanismos de flexibilização a serem utilizados para o cumprimento dos compromissos da Convenção, entre eles o MDL, que consiste na possibilidade de um país desenvolvido financiar projetos em países em desenvolvimento como forma de cumprir parte de seus compromissos.

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em fevereiro de 2005, com a ratificação Russa. Segundo alguns autores, a não participação dos EUA e a iminência de abandono por parte do Canadá eram tidas como incertezas de continuidade. Porém, o Protocolo entrou em vigor sem a ratificação dos EUA, e como as emissões do Canadá representam apenas 3,3% do total mundial, mesmo com o anúncio de sua saída do rol de países que o ratificaram, a continuidade do mesmo não é afetada, pois continua-se com a ratificação de países que totalizam 58,3% das emissões mundiais, acima dos 55% das emissões totais de CO<sub>2</sub>e em 1990 conforme preconiza o Protocolo.

Outro fator que pode trazer maiores questionamentos à efetividade e continuidade do Protocolo de Quioto é a ação de especuladores no mercado de créditos de carbono. Alguns autores defendem que os especuladores não estão preocupados em resolver o problema das mudanças climáticas, querem apenas retornar os ganhos em créditos para os países do Anexo I<sup>3</sup>, reduzindo assim os benefícios aos países em desenvolvimento. Porém, há que se considerar que mesmo se estas afirmações forem verdadeiras, o objetivo final de reduções de emissões, e por consequência, da minimização das mudanças climáticas, está sendo alcançado.

Neste sentido, para uma maior divulgação dos procedimentos de comercialização dos créditos de carbono, e para dar maior visibilidade e transparência a este mercado, visualiza-se a possibilidade dos proprietários dos projetos poderem negociar diretamente seus créditos com os países que precisam cumprir metas de redução, sem a necessidade de atravessadores, através de um ambiente eletrônico propício a negociação destes títulos, a ser criado no próprio endereço eletrônico do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC).

### 3.1 Projetos de MDL

Para serem aceitos no MDL, os projetos devem passar por uma série de etapas até a obtenção dos Certificados de Emissões Reduzidas (CERs). O CER é o documento considerado o "papel-moeda" para a comercialização de créditos de carbono. Na compra desses certificados os países do Anexo I do Protocolo de Quioto podem cumprir parte de suas metas de redução de emissões.

Uma estimativa genérica dos custos envolvidos na implementação de projetos de MDL, em dólares, elaborada pelo Banco Mundial, é apresentada na Figura 2.

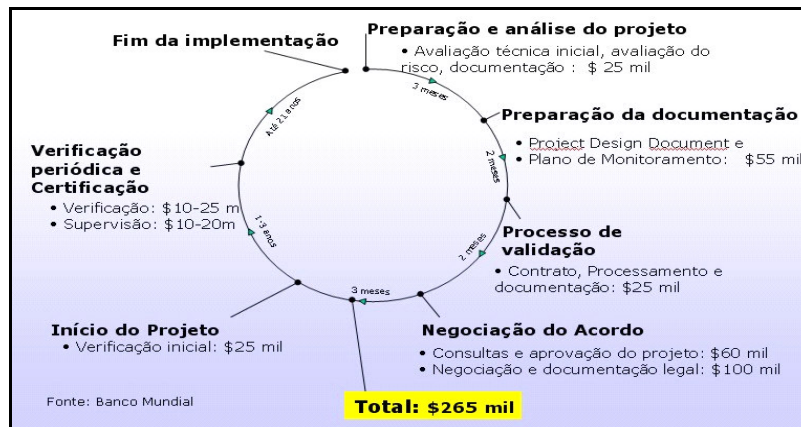


FIGURA 2 – Estimativa de custo e prazo de implementação de um projeto de MDL (em US\$D)

<sup>3</sup> Partes Anexo I - o Anexo I da CQNUMC é integrado pelas Partes signatárias da Convenção pertencentes em 1990 a OCDE e pelos países industrializados da antiga União Soviética e do Leste Europeu. A divisão entre Partes Anexo I e Partes Não Anexo I tem como objetivo separar as partes segundo a responsabilidade pelo aumento da concentração atmosférica de gases de efeito estufa. As Partes Anexo I possuem metas de limitação ou redução de emissões.

Dados de mercado revelam que os projetos brasileiros de PCHs apresentam um prazo estimado de 12 meses até a certificação no MDL e um custo total durante o ciclo de implementação de aproximadamente R\$ 150.000,00.

### 3.2 Situação Mundial dos Projetos de MDL

Dados de maio de 2006 revelam que o Brasil ocupa a segunda colocação em termos de número de projetos participantes do MDL, como ilustra a Figura 3. A participação mundial por tipo de projeto é apresentada na Figura 4. Ressalta-se que a participação de projetos hidráulicos fica atrás apenas dos projetos de biomassa.

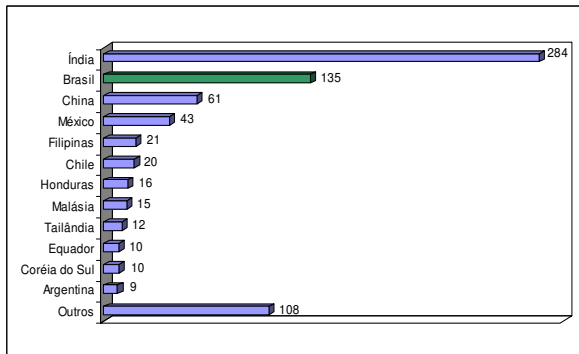


FIGURA 3 – Número de projetos participantes do MDL por país

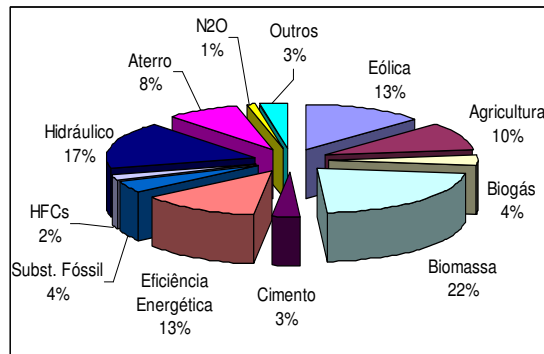


FIGURA 4 – Participação mundial por tipo de projeto

Dados extraídos do sítio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) revelam que, em 26 de dezembro de 2006, existiam 17 projetos de PCHs aprovados nos termos da Resolução nº 1 da Comissão Interministerial de Mudanças Globais de Clima (CIMGC).

### 3.3 Preços de Mercado dos CERs

Atualmente o processo de comercialização dos CERs se dá principalmente através das bolsas do Canadá, Reino Unido (*Emission Trade Scheme*), Holanda (*European Climate Exchange - ECX*), Noruega (*Nord Pool*), Alemanha (*European Energy Exchange*), União Européia (*Emission Trading System*), Austrália (*New South Wales Trade System*) e EUA (*Chicago Climate Exchange - CCX*).

Segue abaixo os preços que estavam sendo praticados neste mercado no final de 2006:

- Preços do Mercado Europeu (*European Climate Exchange - ECX*) – entre US\$D 7,00 e US\$D 19,00/tCO<sub>2</sub>e
- *Prototype Carbon Fund* do Banco Mundial – US\$D 4,00/tCO<sub>2</sub>e
- Leilão do Governo Holandês – US\$D 5,00/tCO<sub>2</sub>e
- *Chicago Climate Exchange (CCX)* – US\$D 2,00/tCO<sub>2</sub>e

No caso específico da América Latina, os estudos da Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL), indicam que é possível trabalhar com a faixa de US\$D 10,00/tCO<sub>2</sub>e a US\$D 60,00/tCO<sub>2</sub>e para a remuneração dos CERs em projetos de MDL na região. Entre US\$D 10,00/tCO<sub>2</sub>e e US\$D 20,00/tCO<sub>2</sub>e para projetos associados a sumidouros e resgate de carbono em atividades do setor florestal, e entre US\$D 40,00/tCO<sub>2</sub>e e US\$D 60,00/tCO<sub>2</sub>e para projetos na área de energia.

Como o preço de comercialização dos CERs pode ser negociado livremente, apresentam variações como demonstra a Figura 5 (valores em Euro), que apresenta dados mais recentes da bolsa da Europa (*European Climate Exchange - ECX*), mostrando valores mais conservadores para a comercialização dos créditos.

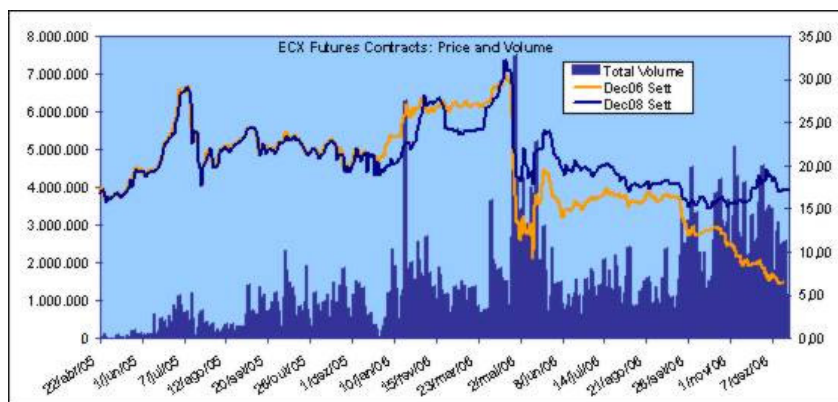


FIGURA 5 – Histórico do Preço (em Euro) do CER na Bolsa Européia de Mudanças Climáticas - ECX

Deve-se mencionar que os projetos de MDL são vistos com mais importância no longo prazo do que no curto prazo. Neste sentido, as decisões políticas são vistas como o fator mais importante na determinação do preço de mercado. Isso mostra que os participantes do mercado estão olhando a política internacional e, ao mesmo tempo esperando uma participação mais ativa dos países com investimentos no MDL.

Importante salientar que o mercado visualiza uma perspectiva de aumento nos preços, conforme mostra a Figura 6 com dados da ECX, principalmente a partir de 2008, com o início do primeiro período de compromissos, onde os países do Anexo I deverão aumentar as suas demandas por créditos, visando cumprir suas metas de reduções.

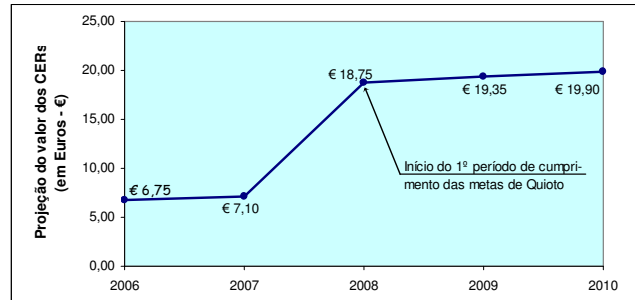


FIGURA 6 – Projeção do Preço do CER (Mercado Futuro da ECX)

### 3.4 Quantidade de Emissões Reduzidas por PCHs

Os projetos de PCHs obedecem às condições de aplicabilidade definidas na metodologia consolidada ACM0002 – “Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources”, aprovada pelo Comitê Executivo (*Executive Board - EB*) em sua 16ª reunião. A metodologia escolhida é aplicável às atividades de projetos de geração de energia renovável conectadas à rede, sob a condição de adicionar capacidade por via de usinas hidrelétricas a fio-d’água, como é o caso das PCHs.

O fator de emissão da linha de base típico para projetos de energia renovável conectados ao subsistema interligado Sul-Sudeste-Centro-oeste é de 0,267 tCO<sub>2</sub>e/MWh.

#### 4.0 - O IMPACTO NA ATRATIVIDADE ECONÔMICA DAS PCHS

É apresentado a seguir o resultado de um estudo de caso de PCH para mostrar o incremento na Taxa Interna de Retorno (TIR) de um empreendimento dessa natureza, quando incluído no MDL.

#### 4.1 Empreendimento de Referência

Para este estudo de caso considerou-se uma PCH Hipotética com potência instalada de 15 MW. Primeiramente são apresentados os cálculos sem considerar a comercialização dos créditos de carbono. A análise considera os benefícios introduzidos pelo PAC e os aspectos legais, técnicos de projeto, econômico-financeiros e estratégicos para comercialização da energia nos próximos Leilões de Energias Alternativas do Ministério de Minas e Energia.

Os principais benefícios advindos do PAC referem-se às condições de financiamento, *i.e.* redução da Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) para 6,50%a.a., diminuição do spread para 1,0%, aumento do prazo de amortização para 16 anos e aumento do prazo de carência para 12 meses após início da operação comercial.

A seguir estão as principais características da PCH e os parâmetros utilizados na análise econômico-financeira:

- energia assegurada: 8,25 MW médios;
- quantidades de lotes comercializados no leilão: 8 lotes, *i.e.* 70.080 MWh anuais;
- preço de lance no leilão: R\$ 125,00/MWh;
- custo de implantação: R\$ 60.000.000,00;
- impostos, taxas, contribuições e encargos conforme legislação vigente para o regime de lucro presumido.

Projetando-se os balanços patrimoniais, e as demonstrações dos resultados dos exercícios durante toda a vida econômica do empreendimento, e analisando-se o fluxo de caixa, descontando os encargos, taxas, impostos e contribuições, o investimento resulta em uma TIR de 16,53%a.a.

#### 4.2 Empreendimento com Comercialização de CERs

Analisando-se o empreendimento com as mesmas características e parâmetros apresentados, porém com a comercialização dos CERs, teremos um incremento na rentabilidade do investimento.

Para o cálculo do fator de emissão reduzida pelo empreendimento foram considerados os dados típicos de mercado para os novos empreendimentos desta natureza conectados ao subsistema Sul-Sudeste-Centro-oeste.

Os dados básicos foram os seguintes:

- fator de emissão da linha de base para o cálculo da redução de emissão: 0,267 tCO<sub>2</sub>e/MWh;
- período de creditação dos CERs: 21 anos (3 períodos de 7 anos);
- comercialização dos CERs: de US\$D 5,00/tCO<sub>2</sub>e a US\$D 60,00/tCO<sub>2</sub>e (R\$ 2,30 / US\$D);
- custo da certificação: R\$ 150.000,00.

Nessas condições, a energia gerada pela PCH resulta em uma redução de emissões de GEE de 19.296,09 tCO<sub>2</sub>/ano. A receita bruta anual advinda da comercialização da energia gerada é incrementada com a receita bruta da comercialização dos CERs. Diversas simulações foram realizadas considerando a certificação no MDL, e uma variação do preço de comercialização dos CERs. A Tabela 3 e Figura 7 apresentam os resultados.

TABELA 3: Resultados das simulações variando-se o preço de comercialização dos CERs desde o valor de US\$D 5,00/tCO<sub>2</sub>e até US\$D 60,00/tCO<sub>2</sub>e

Valor de comercialização do CER	Receita Bruta anual com CERs (R\$ mil)	TIR (%a.a.)	Δ TIR (%)
s/ CERs	-	16,56	-
US\$D 5,00/tCO <sub>2</sub> e	221,91	17,20	3,9%
US\$D 10,00/tCO <sub>2</sub> e	443,81	17,84	7,7%
US\$D 20,00/tCO <sub>2</sub> e	887,62	19,12	15,5%
US\$D 30,00/tCO <sub>2</sub> e	1.331,43	20,40	23,2%
US\$D 40,00/tCO <sub>2</sub> e	1.775,24	21,67	30,9%
US\$D 50,00/tCO <sub>2</sub> e	2.219,05	22,94	38,5%
US\$D 60,00/tCO <sub>2</sub> e	2.662,86	24,19	46,1%

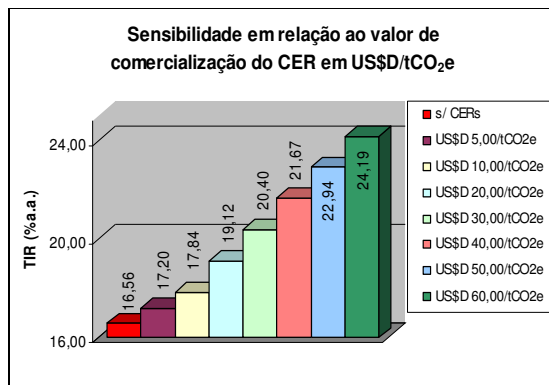


FIGURA 7 – Gráfico de sensibilidade da TIR com relação ao valor de comercialização dos CERs

#### 4.3 Análise de Sensibilidade em Relação ao Preço de Comercialização dos CERs e da Energia Gerada

Realizou-se uma análise da sensibilidade do empreendimento considerando variações do preço de venda da energia, de R\$ 110,00/MWh a R\$ 140,00/MWh, e dos valores de comercialização dos CERs, de US\$D 5,00/tCO<sub>2</sub>e à US\$D 60,00/tCO<sub>2</sub>e. O gráfico de sensibilidade é apresentado na Figura 8.

Ressalta-se a grande sensibilidade da TIR com relação ao valor de comercialização dos CERs, da mesma ordem de grandeza com relação ao preço de venda de energia. Para um mesmo preço de venda da energia, um aumento da ordem de US\$D 10,00/tCO<sub>2</sub>e no preço de comercialização dos CERs resulta em um incremento de aproximadamente 1,3 pontos percentuais na TIR do investimento.

#### 4.4 Análise de Sensibilidade em Relação aos Períodos de Creditação

Os projetos de carbono podem gerar CERs de duas maneiras. Através do cálculo do valor das reduções de emissões de CO<sub>2</sub> referentes aos primeiros 7 anos do projeto, podendo ser renovado por mais dois períodos de 7 anos, ou através do cálculo do valor das reduções de emissões de CO<sub>2</sub> referentes aos 10 primeiros anos do projeto, não podendo ser renovado.

Por diversas razões, dentre elas, as incertezas quanto aos valores a serem negociados, eventuais alterações no cálculo dos fatores de redução de emissão, e mesmo eventuais alterações nas regras do Protocolo de Quioto após 2012, normalmente opta-se por não considerar as receitas do segundo e terceiro períodos de creditação em análises financeiras conservadoras. Realizou-se uma análise da sensibilidade considerando a creditação por um período de 7 anos, pelo período das duas renovações, e pelo período único de 10 anos, com o preço de comercialização fixo em US\$D 20,00/tCO<sub>2</sub>e. O gráfico de sensibilidade é apresentado na Figura 9.

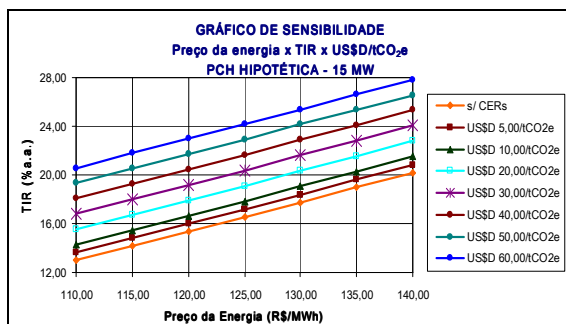


FIGURA 8 – Gráfico de sensibilidade com relação ao preço de venda da energia, valor de comercialização dos CERs e TIR

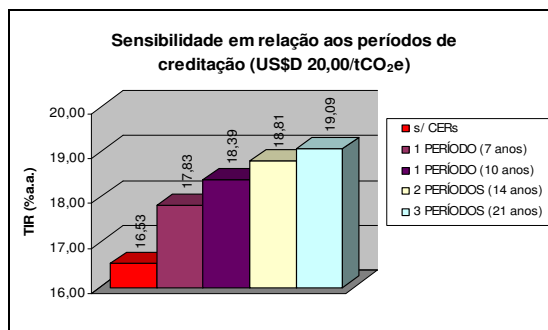


FIGURA 9 – Gráfico de sensibilidade em relação aos períodos de creditação (US\$D 20,00/tCO<sub>2</sub>e)

#### 4.5 Análise simplificada de viabilidade envolvendo somente os custos de creditação no âmbito do MDL

Realizou-se uma análise econômico-financeira simplificada correlacionando a receita total advinda da venda dos créditos de carbono e os custos de tramitação para a obtenção da certificação no âmbito do MDL.

A receita bruta anual advinda da comercialização dos CERs ao valor de US\$D 20,00/tCO<sub>2</sub>e é de R\$ 887.620,00.

Fazendo-se a comparação em relação aos custos de creditação no âmbito do MDL, previsto em R\$ 150.000,00, tem-se que a receita anual com a comercialização dos CERs é aproximadamente 6 vezes superior aos custos para a certificação. Desta forma, considerando-se apenas os custos do ciclo de aprovação no MDL, estes se pagam em dois meses de creditação (*Payback* simples 61 dias).

#### 5.0 - CONCLUSÃO

Certamente diversas PCHs serão implementadas nos próximos anos. Há que se considerar que a expansão da oferta de energia elétrica no Brasil passará necessariamente pela construção de diversas PCHs.

Sabe-se que as PCHs, isoladamente, não conseguirão atingir a meta de expansão da oferta de energia elétrica que o país necessita. Porém são capazes de dar significativa contribuição.

A evolução dos preços dos CERs, decorrente da dificuldade de cumprimento das metas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto, pode impulsionar significativamente a atratividade econômica de empreendimentos em PCHs que obtiverem certificação.

A certificação de PCHs no âmbito do MDL, não requer qualquer alteração no projeto original do empreendimento, e os investimentos para aprovação no ciclo do MDL são muito pequenos se comparados com os benefícios que podem proporcionar.

A melhoria que a comercialização dos CERs proporciona no retorno econômico-financeiro pode ser suficiente para viabilizar esses investimentos em infra-estrutura, tão importantes para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

#### 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. (2007) – acessado em 10 de março de 2007 em <http://www.aneel.gov.br/>
- (2) BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2007) – Projetos de Infra-estrutura – acessado em 10 de março de 2007 em <http://www.bndes.gov.br/linhas/condicoes.asp>
- (3) CEBDS, Conselho Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. (2001) – “Mercado de Carbono”, disponível em 25 de maio de 2006 em <http://www.cebds.org.br/cebds/mc-publicacoes.asp>.
- (4) ECX - *European Climate Exchange*. (2007) – acessado em 05 de janeiro de 2007 em [http://www.europeanclimateexchange.com/index\\_flash.php](http://www.europeanclimateexchange.com/index_flash.php).
- (5) EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2007) – acessado em 16 de março de 2007 em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>.
- (6) MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia (2007) – acessado em 25 de fevereiro de 2007 em <http://www.mct.gov.br/Clima/>.
- (7) PINGUELLI, L. R., Aurélio, M. S. (2000) – “*Certainty and Uncertainty in the Science of Greenhouse Gas Emissions from Hydroelectric Reservoirs - A report on the state of the art for the World Commission on Dams*”, disponível em 10 de abril de 2006 em [www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr22\\_part2\\_finaldraft.pdf](http://www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr22_part2_finaldraft.pdf).
- (8) SANTOS JUNIOR, Milton Francisco dos. (2006) – “O Mercado de Créditos de Carbono e a Geração de Hidroeletricidade no Brasil: o Caso das PCHs”, monografia apresentada para conclusão do I Curso de Especialização em Eficiência Energética na Indústria, UTFPR, Curitiba, PR.
- (9) STCP, Engenharia de Projetos (2006) – “Viabilidade do Desenvolvimento de Projetos para a Geração de Créditos de Carbono no Brasil”, disponível em [http://www.crea-pr.org.br/crea/pub/visualizaConteudo.do?link=.../html/assessoria\\_comunicacao/creditos%20de%20carbono/carbono.html](http://www.crea-pr.org.br/crea/pub/visualizaConteudo.do?link=.../html/assessoria_comunicacao/creditos%20de%20carbono/carbono.html).

#### 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Milton Francisco dos Santos Junior  
 Nascido em Curitiba, PR em 21 de junho de 1978.  
 Graduando em Direito: UTP-Curitiba  
 Pós-Graduação em Eficiência Energética na Indústria (2006): UTFPR-Curitiba  
 MBA Gestão Financeira (2004): UTFPR-Curitiba  
 Graduação em Engenharia Industrial Elétrica (2002): UTFPR-Curitiba  
 Empresa: Copel Geração S.A., desde 2006  
 Departamento de Planejamento da Expansão da Geração

