



ESTUDO DO POTENCIAL DE RECEITAS DECORRENTES DE CRÉDITOS DE CARBONO PROVENIENTES DE PROJETOS DE MDL PARA PCHs COM BASE NA EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA (2010 – 2019)

¹Marcela Fernandes Pieroni

²Regina Mambeli Barros

³Geraldo Lúcio Tiago Filho

RESUMO

O presente estudo visa a avaliar a geração de créditos de carbono provenientes de projetos no âmbito do *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo* (MDL), de *Pequenas Centrais Hidrelétricas* (PCHs), tomando por base estudos da evolução da capacidade instalada para esses empreendimentos nos próximos nove anos. Para isso, consideraram-se duas hipóteses e dois cenários de estudo, de forma a melhor representar a realidade da geração de receita ao longo dos anos. A hipótese 1 considera a evolução da potência instalada de PCHs segundo dados do *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019* (PDE). Já a hipótese 2 considera o estudo de Tiago Filho, Barros, e Silva (2009) de crescimento da potência instalada com base no *Produto Interno Bruto* (PIB). A simulação das emissões de CO₂ evitadas foi realizada por meio da planilha em *Microsoft® Excell®* de Michellis Jr (2010). Os resultados mostraram que a previsão de crescimento das PCHs realizada com base no PIB (hipótese 1) é mais conservadora, consequentemente, levando a um menor potencial de créditos de carbono, cerca de 4.113.957 tCO₂ evitadas. Já os resultados da hipótese 2 demonstraram um total de 3.247.717 tCO₂ evitadas.

PALAVRAS-CHAVE: Pequenas Centrais Hidrelétricas, Evolução da Capacidade Instalada, Créditos de Carbono.

STUDY OF THE POTENTIAL OF CARBON CREDITS TO SHP CDM PROJECTS BASED ON EVOLUTION OF INSTALLED CAPACITY (2010 - 2019)

ABSTRACT

This study aims to assess the generation of carbon credits from projects under the *Clean Development Mechanism* (CDM) of *Small Hydropower* (SHP), based on studies of the evolution of installed capacity for these new developments over the next nine years. For this reason, two hypotheses and two scenarios were considered in order to better represent the reality of revenue generation over the years. The first hypothesis considers the development of small hydro power installed according to the *Ten Year Plan for Expansion of Energy 2019* (EDP). The second hypothesis considers the study of Tiago Filho, Barros e Silva (2009) about growth of installed capacity based on the *Gross National Product* (GNP). The simulation of revenues from carbon credits was done using the spreadsheet in *Microsoft® Excel®* for Michellis Jr (2010). The results showed that the forecast of growth of SHP performed based on GNP (hypothesis 1) is more conservative, thus leading to a lower potential of carbon credits, about 4.113.957 tCO₂ avoided. Already the results of hypothesis 2 showed a total of 3.247.717 tCO₂ avoided.

KEYWORDS: Small Hydropower, Evolution of Installed Capacity, Carbon Credits.

1. INTRODUÇÃO

O Protocolo de Quioto, ao estabelecer o *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo* (MDL), possibilitou a participação dos países em desenvolvimento nas ações que visam ao desenvolvimento sustentável, no âmbito da *Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima* (CQNUMC). Por meio da execução de projetos de MDL, estes países podem obter a *Redução Certificada de Emissões* (RCEs) e posteriormente, comercializá-las aos países desenvolvidos, os quais encontram nessa iniciativa um modo suplementar de cumprir seus compromissos estabelecidos no Protocolo de Quioto.

Segundo dados disponibilizados pelo *Ministério de Ciência e Tecnologia* (MCT) (CQNUMC/MCT, 2010), um total de 6513 projetos encontram-se em alguma fase do ciclo de projetos do MDL,

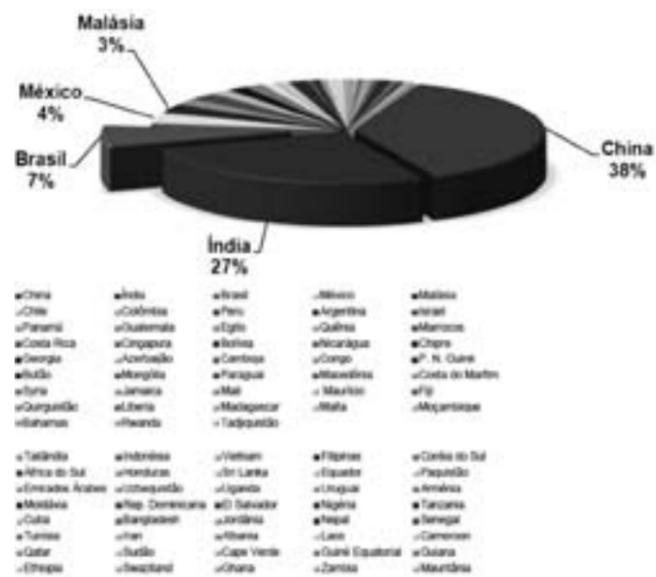
sendo 2311 já registrados pelo Conselho Executivo do MDL e 4202 em outras fases do ciclo. Como verificado na figura 1, o Brasil aparece em terceiro lugar, com 457 projetos (7%), a China aparece em primeiro lugar, com 2470 projetos (38%), e a Índia em segundo lugar, com 1752 projetos (27%).

A distribuição das atividades de projeto brasileiras por setor pode ser verificada na figura 2. Observa-se a expressividade de atividades de projeto para energia renovável (50,3%) e troca de combustível fóssil (9,9%), nas quais se enquadra a implantação de PCHs. Já a tabela 1 apresenta os tipos de projetos de MDL realizados no Brasil e seus respectivos potenciais de redução de emissões. Os projetos com maiores potenciais de redução de emissões são os de energia renovável, aterro sanitário e redução de N₂O, totalizando 70% do total de emissões de CO₂ e a serem reduzidas no primeiro período de obtenção de créditos.

¹Graduanda em Eng. Ambiental, estagiária do Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas CERPCH/UNIFEI, Av. BPS, 1303, Itajubá-MG, CEP 37500-903, tel.: (35) 3629-1443, marcela_pieroni@hotmail.com

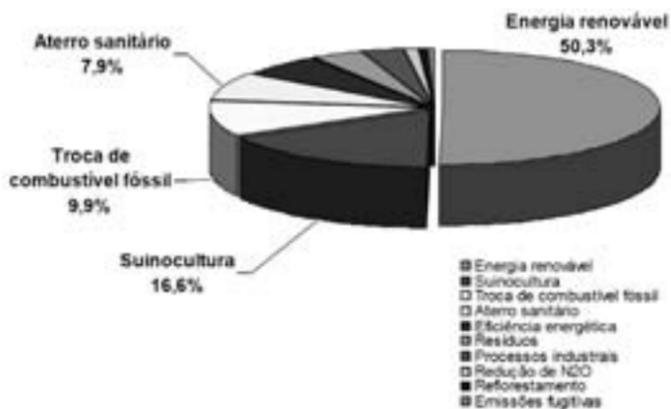
²Eng. Civil, Doutora e Mestre pelo PPG-SHS/EESC/USP, Profa. Dra. - IRN/ UNIFEI, Av. BPS, 1303, Itajubá-MG, CEP 37500-903, tel.: (35) 3629-1224, remambeli@hotmail.com

³Eng. Mecânico, Doutor na área de Hidráulica pela USP e Mestre em Engenharia Mecânica na área de Máquinas de Fluxo pela UNIFEI, Diretor e Prof. Dr. - IRN/ UNIFEI, Av. BPS, 1303, Itajubá-MG, CEP 37500-903, tel.: (35) 3629-1454, fax: (35) 3629-1265, tiago_unifei@hotmail.com



Fonte: (CQNUMC/MCT, 2010)

FIG. 1: Participação no total de atividades de projetos no âmbito de MDL no mundo (Última atualização: 03 de agosto, 2010).
FIG. 1: Participation in all project activities of MDL in the world (Last updated: August 3, 2010).



Fonte: (CQNUMC/MCT, 2010)

FIG. 2: Distribuição das atividades de projeto no Brasil por escopo setorial (Última atualização: 03 de agosto, 2010).
FIG. 2: Distribution of project activities in Brazil by sector scope (Last updated: August 3, 2010).

TABELA 1: Distribuição das atividades no Brasil por tipo de projeto de MDL.

TABLE 1: Distribution of activities in Brazil by type of MDL project.

Projetos em validação/aprovação	Número de projetos	Redução anual de emissão	Redução de emissão no 1º período de emissão
Energia renovável	230	19.677.309	146.455.707
Aterro Sanitário	36	11.327.606	84.210.095
Redução de N ₂ O	5	6.373.896	44.617.272
Suinocultura	76	4.222.884	39.282.569
Troca de combustível fóssil	45	3.296.291	27.630.240
Eficiência Energética	28	2.027.173	19.853.258
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140
Processos industriais	14	1.002.940	7.449.083
Resíduos	17	646.833	5.002.110
Emissões fugitivas	4	720.068	5.721.011

Fonte: (CQNUMC/MCT, 2010) (Última atualização: 03 de agosto, 2010)

Neste contexto, destacam-se as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) como possíveis projetos de MDL para redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). As PCHs são empreendimentos aptos para cursos d'água de pequeno e médio porte, com quedas d'água significativas para o aproveitamento energético. Seus impactos ambientais são expressivamente menores quando comparados aos empreendimentos hidrelétricos de grande porte, e ainda se prestam à geração descentralizada, promovendo o desenvolvimento de regiões remotas do país.

A Resolução nº 652/2003 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2003) estabelece que os aproveitamentos hidrelétricos característicos de PCHs são aqueles com potência entre 1 a 30 MW e área de reservatório de no máximo 3 km². O aproveitamento hidrelétrico que não atender a condição para a área alagada de reservatório, será considerado com características de PCH, caso se verifique pelo menos uma das duas seguintes condições, a saber (ANEEL, 2003):

I - Atendimento à inequação (Eq. 1):

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{Hb} \quad (1)$$

Onde:

- A = área do reservatório em km²;
 - P = potência elétrica instalada em MW;
 - Hb = queda bruta em m, definida pela diferença entre os níveis d'água máximo normal de montante e normal de jusante;
 - O valor da área na inequação não deve ser superior a 13,0 Km².
- II - Reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

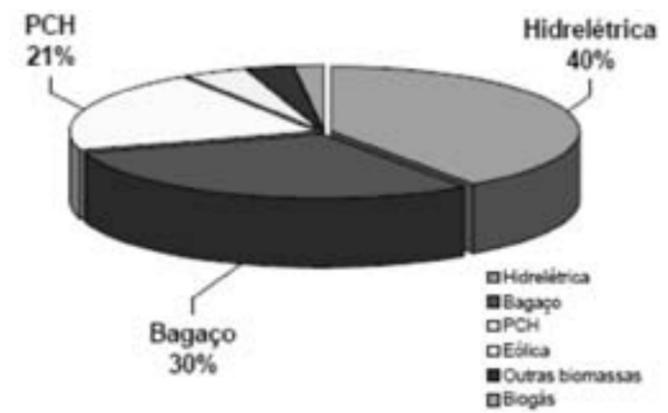
Apesar das vantagens e aspectos positivos relacionados aos empreendimentos hidrelétricos em geral, em especial às PCHs, nos últimos anos, vêm sendo questionada a geração de energia hidrelétrica como uma fonte "limpa". Em decorrência do represamento de água nas usinas, discute-se sobre as emissões de CO₂ e CH₄ em razão da decomposição da matéria orgânica incorporada a esses reservatórios.

No Brasil, desde a década de 90, algumas instituições tais como Eletrobrás, MCT, COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) vêm propondo e desenvolvendo estudos sobre as emissões de GEE provenientes de reservatórios nacionais. Até o momento, estes estudos demonstraram que, na maior parte dos casos, as usinas hidrelétricas emitem menos GEE quando comparadas a usinas termelétricas de potência equivalente (CARDOSO; NOGUEIRA, 2008; ELETROBRÁS, 2000; MESQUITA; MILAZZO, 2007; MCT, 2006; SANTOS, 2000). Segundo dados disponibilizados por Cardoso e Nogueira (2008), os reservatórios das usinas hidrelétricas brasileiras emitem anualmente 0,10 tCe/MWh ao passo que as usinas térmicas emitem 0,52 tCe/MWh. As pesquisas demonstraram também a grande variabilidade de emissões nos reservatórios estudados, fato explicado pela diversidade dos fatores locais que influenciam as emissões de GEE, a saber: temperatura, intensidade dos ventos, composição da biomassa, insolação, variáveis físico-químicas da água, área de alagamento, profundidade do reservatório, padrões de circulação da água e até mesmo o regime de operação da usina (CARDOSO; NOGUEIRA, 2008; ELETROBRÁS, 2000; MESQUITA; MILAZZO, 2007; BARROS; TIAGO FILHO; SILVA, 2009).

Vale ressaltar que as análises citadas acima se referem aos grandes reservatórios e usinas hidrelétricas. Estudos relacionados às emissões de PCHs são praticamente nulos, em razão de

suas características de menores dimensões e impactos. Diferentemente das grandes hidrelétricas, as PCHs possibilitam uma alta densidade de potência (capacidade instalada de geração de energia dividida pela área da superfície no nível máximo do reservatório), o que leva a uma menor área de alagamento e consequentemente a menores quantidades de emissões de GEE.

Tendo em vista essas características, as PCHs representam uma opção interessante no contexto de projetos de MDL por serem fontes de energia renovável. A figura 3 mostra a capacidade instalada, em MW, de atividades de projetos do MDL no setor de energia aprovadas pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC). Observa-se que as PCHs estão em terceiro lugar, com 831 MW, sendo as hidrelétricas em primeiro lugar, com 1625 MW, e a cogeração com biomassa em segundo, com 1334 MW (CQNUMC/MCT, 2010).



Fonte: (CQNUMC/MCT, 2010)

FIG. 3: Capacidade instalada (MW) das atividades de projeto do MDL aprovadas na CIMGC (Última atualização: 03 de agosto, 2010).
FIG. 3: Installed capacity (MW) of the MDL project activities approved in CIMGC (Last updated: August 3, 2010).

Segundo Michellis Jr. (2010), as PCHs podem ser utilizadas para a obtenção de créditos de carbono de duas maneiras: em sistema isolado ou no sistema interligado nacional (SIN). Em sistemas isolados, a PCH pode substituir uma usina termelétrica, creditando-se das emissões evitadas pela usina desativada. Na linha de base, as emissões de uma usina termelétrica dieselétrica são de 800 a 1200 kg/MWh. A exemplo disso, menciona-se a metodologia de linha de base AMS - IA Geração de Eletricidade pelo Usuário que é uma categoria que emprega tecnologias renováveis, tais como a energia hidrelétrica, para ser usada pelo usuário no próprio local, podendo esta ser nova ou substituir unidades geradoras existentes a base de combustíveis fósseis (CQNUMC, 2008). Em sistemas interligados, a PCH acrescenta energia elétrica à rede pertencente ao SIN. O SIN é composto por diversos tipos de usinas, tais como hídricas, térmicas e biomassa, as quais apresentam um fator de emissões de GEE variáveis em função do despacho do parque gerador. Neste caso, as PCHs podem se creditar baseando-se nos valores correspondentes aos fatores de emissão do SIN (MICHELLIS JR., 2010).

Cenário de crescimento previsto para PCHs

Segundo dados publicados por Tiago Filho et al (2010), no biênio de 2008/2009 o mercado de PCHs cresceu expressivamente, passando de 310 plantas em operação, correspondentes a uma capacidade instalada de 2209 MW, em 2008, para 358 plantas, correspondendo a 3018 MW de capacidade instalada, em 2009.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 (PDE, 2010) essa participação das PCHs na matriz elétrica nacional deve aumentar ainda mais nos próximos anos. Conforme mostrado

na Tabela 2, prevê-se um crescimento dos atuais 4043 MW para 6996 MW em 2019, o que representa uma taxa de crescimento de 300 MW/ano. Em porcentagem, esses valores representam um aumento de participação de 3,60% para 4,17%.

TABELA 2: Evolução da Capacidade Instalada por fonte de geração (MW).

TABLE 2: Evolution of Installed Capacity by source of generation (MW).

FORTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HIDRO**	83.189	83.483	86.293	88.499	89.682	94.656	100.476	106.131	108.390	116.699
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	8.860	9.296	9.806	11.327	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533
CARVÃO	1.763	1.465	1.205	1.205	1.205	1.205	1.205	1.205	1.205	1.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3.380	4.820	3.246	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864
ÓLEO DIESEL	1.728	1.803	1.703	1.356	1.349	1.349	1.349	1.349	1.349	1.349
GÁS DE PROCESSO	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687
POH	4.043	4.118	4.118	4.118	3.266	3.266	3.216	8.066	6.408	6.966
BIOMASSA	5.386	6.083	6.301	6.871	7.071	7.421	7.421	7.771	8.121	8.521
EÓLICA	1.426	1.426	3.241	3.841	4.041	4.441	4.841	5.241	5.641	6.041
TOTAL**	112.435	118.375	122.476	136.774	133.365	146.935	147.685	152.886	157.628	167.676

Fonte: (PDE, 2010).

Apesar do otimismo do PDE quanto à participação das PCHs, falta um planejamento de longo prazo. Segundo estudos realizados por Tiago Filho, Mambeli e Silva (2009) acerca da projeção da evolução da capacidade instalada de energia considerando a influência do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) é possível demonstrar a diminuição da atratividade econômica dos empreendimentos à medida que os bons empreendimentos vão escasseando.

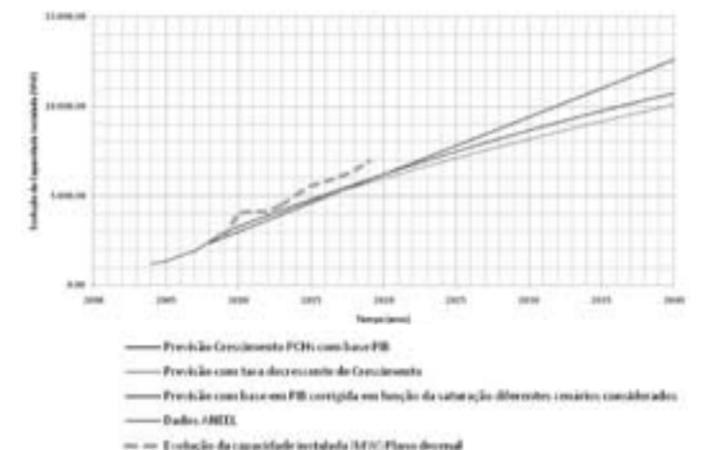


FIG. 4: Correlação entre a Capacidade Instalada com base em PIB e a correlação efetuada com base nas curvas com taxa decrescente de crescimento.
FIG. 4: Correlation between the Installed Capacity based on GNP and the correlation made based on the curves with decreasing rate of growth.

De acordo com a curva referente ao PDE (laranja) apresentada na figura 4, o PDE prevê um crescimento para as PCHs acima da taxa de crescimento do PIB (Previsão de Crescimento de PCHs com base no PIB, em roxo), desconsiderando o aumento do grau de dificuldade técnica e a diminuição da atratividade dos novos empreendimentos que são função das condições de mercado no curto prazo, tanto do regulado como do livre, e do interesse dos investidores (GALHARDO; TIAGO FILHO; MAMBELI, 2010).

2. METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo consistiu no cálculo das emissões de CO₂ evitadas provenientes de atividades de projetos de MDL para PCHs, considerando o cenário de crescimento até 2019 (figura 4) apresentado anteriormente. Para isso, propõe-se a utilização de duas hipóteses e dois cenários, a saber:

- Hipótese 1: Considera-se a evolução da capacidade instalada proposta pelo PDE (figura 4 - curva laranja e tabela 2). Neste caso, a capacidade instalada para PCH prevista para 2019 é de 6966 MW, o que equivale a um acréscimo de 2923 MW a partir de 2010. Em unidades de PCH esse potencial equivale a 97 novas usinas, considerando os valores máximos estabelecidos pela resolução da ANEEL (ANEEL, 2003) que define que os aproveitamentos hidrelétricos característicos de PCHs aqueles com potência de até 30 MW e área de reservatório de até 3 km²;
- Hipótese 2: Considera-se a previsão com base no PIB proposta por Tiago Filho, Barros, e Silva (2009) (figura 4 - curva roxa). Neste caso, a capacidade instalada para PCH prevista para 2019 é de, aproximadamente, 6000 MW, o que equivale a um acréscimo de 2600 MW a partir de 2010. Em unidades de PCHs esse valor corresponde a 86 novas usinas.

Para cada hipótese acima citada, consideram-se dois cenários:

- Primeiro cenário: as porcentagens de potência instalada distribuídas entre sistema interligado e isolado para as PCHs seriam, respectivamente, de 70% e 30%.
- Segundo cenário: as porcentagens de potência instalada distribuídas entre sistema interligado e isolado para as PCHs seriam, respectivamente, de 65% e 35%.

Michellis Jr. (2010) ressalta a importância de demonstrar a adicionalidade do projeto para viabilizar os créditos de carbono, além de destacar que não geram créditos PCHs com relação de potência por área inferior a 4 W/m², e ainda, as PCHs que apresentam relação entre 4 W/m² e 10 W/m² devem considerar um deságio de 90 kg/MWh.

Para a simulação dos cálculos de emissões evitadas pelos projetos de MDL de PCHs, para ambos os casos de sistema isolado ou interligado, e as correspondentes receitas de créditos de carbono gerados, utilizou-se a planilha em *Microsoft® Excell®* de Michellis Jr (2010). Os cálculos propostos na planilha são apresentados a seguir:

a) Sistema isolado

- Para valores de densidade de potência entre 4 e 10 W/m²:

$$Emissões\ evitadas\ (tCO_2) = (Fe - 0,09) * E$$

Sendo Fe o fator de emissão da linha de base para o sistema isolado (tCO₂/MWh), E a energia gerada anualmente pela PCH (MWh/ano) e o deságio 0,009 gCO₂/MW.

- Para valores de densidade de potência maiores que 10 W/m²:

$$Emissões\ evitadas\ (tCO_2) = Fe * E$$

Onde não se considera o deságio de 90 kgCO₂/MWh.

b) Sistema interligado

- Para valores de densidade de potência entre 4 e 10 W/m²:

$$Emissões\ evitadas\ (tCO_2) = (Fsin - 0,09) * E$$

Sendo o Fsin o fator de emissão da linha de base para o SIN.

- Para valores de densidade de potência maiores que 10 W/m²:

$$Emissões\ evitadas\ (tCO_2) = Fsin * E$$

Além dos dados já supracitados determinados acima, são necessários outros dados de entrada para a simulação na planilha em *Microsoft® Excell®* de Michellis Jr (2010), os quais são listados a seguir:

- Fator de carga: 55%;
- Cotação da tCO₂: €14,23 (ECX, 2010);
- Cotação do Euro: R\$ 2,322 (em 09/08/2010);
- Dados como custos com o projeto de MDL (\$17.000), validação (\$16.800), registro PDD (\$20.000), monitoramento

(\$4.000), taxa de sucesso (5%), fundo ONU (2%), desenvolvimento (R\$ 20.548) e monitoramento (R\$ 15.796) foram todos extraídos da base de dados da planilha em *Microsoft® Excell®* de Michellis Jr (2010).

Tendo em vista que o valor do crédito de carbono é bastante flutuante, a metodologia do presente estudo priorizou estimar as emissões de CO₂ evitadas e não as receitas em dinheiro dos correspondentes créditos de carbono. Sendo assim, a cotação da tonelada de CO₂ aqui apresentada serviu apenas para ilustrar e discutir os resultados obtidos.

Por fim, são necessários ainda os valores referentes aos fatores de emissão do sistema isolado e do SIN. A tabela 3 apresenta os fatores de emissão médios do SIN de acordo com os dados disponibilizados pelo MCT (MCT, 2010).

TABELA 3: Fatores de emissão médios anual e mensal - SIN.

TABELA 3: Average emission factors annual and monthly - SIN

MARGEM DE CONSTRUÇÃO					
Fator de Emissão Médio (tCO ₂ /MWh) - ANUAL					
0,0794					
MARGEM DE OPERAÇÃO					
Fator de Emissão Médio (tCO ₂ /MWh) - MENSAL					
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
0,2813	0,2531	0,2639	0,2451	0,4051	0,3664
Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0,2407	0,1988	0,1622	0,1792	0,1810	0,1940
FATOR DE EMISSÃO 2009 (tCO ₂ /MWh)					
0,1635					

Fonte: MCT (2010)

Para o fator de emissão médio do sistema isolado, utilizou-se o valor sugerido na planilha de Michellis Jr (2010) de 0,855 tCO₂/MWh.

3. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir constaram das RCEs brutas, ou seja, as toneladas totais de carbono evitadas, e das RCEs comercializáveis, referentes às toneladas totais descontadas a taxa de sucesso e o fundo da ONU (tabelas 4, 5, 6 e 7).

TABELA 4: Resultados referentes à Hipótese 1 e primeiro cenário.

TABELA 4: Results referring to Hypothesis 1 and the first scenario.

FATOR DE EMISSÃO	Isolado	SIN 2009
Fator de emissão da linha de base de CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0,855000	0,163481
EMISSIONES EVITADAS - RCEs (tCO ₂)		
RCEs Bruto (tCO ₂)	3.217.677	721.164
RCEs Comercializáveis (tCO ₂)	2.992.440	670.682

TABELA 5: Resultados referentes à Hipótese 1 e segundo cenário.

TABELA 5: Results referring to Hypothesis 1 and the second scenario.

FATOR DE EMISSÃO	Isolado	SIN 2009
Fator de emissão da linha de base de CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0,855000	0,163481
EMISSIONES EVITADAS - RCEs (tCO ₂)		
RCEs Bruto (tCO ₂)	3.753.957	669.652
RCEs Comercializáveis (tCO ₂)	3.491.180	622.777

TABELA 6: Resultados referentes à Hipótese 2 e primeiro cenário.

TABELA 6: Results referring to Hypothesis 2 and the first scenario.

FATOR DE EMISSÃO	Isolado	SIN 2009
Fator de emissão da linha de base de CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0,855000	0,163481
EMISSIONES EVITADAS - RCEs (tCO ₂)		
RCEs Bruto (tCO ₂)	2.852.786	639.382
RCEs Comercializáveis (tCO ₂)	2.653.091	594.626

TABELA 7: Resultados referentes à Hipótese 2 e segundo cenário.

TABELA 7: Results referring to Hypothesis 2 and the second scenario.

FATOR DE EMISSÃO	Isolado	SIN 2009
Fator de emissão da linha de base de CO ₂ (tCO ₂ /MWh)	0,855000	0,163481
EMISSIONES EVITADAS - RCEs (tCO ₂)		
RCEs Bruto (tCO ₂)	3.328.250	593.712
RCEs Comercializáveis (tCO ₂)	3.095.273	552.152

A tabela 8 apresenta um resumo dos resultados referentes às receitas líquidas provenientes dos créditos de carbono potenciais para projetos de MDL de PCH, considerando os quatro casos de análise.

TABELA 8: Tabela resumo das receitas líquidas provenientes dos créditos de carbono para os quatro casos analisados.

TABELA 8: Summary table of net revenue from the carbon credits for the four cases examined.

EMISSIONES EVITADAS - RCEs (tCO ₂)			
Hipótese/cenário	Isolado	SIN	Total
Previsão PDE (70% SIN; 30% sist. isol.)	2.992.440	670.682	3.663.122
Previsão PDE (65% SIN; 35% sist. isol.)	3.491.180	622.777	4.113.957
Previsão em PIB (70% SIN; 30% sist. isol.)	2.653.091	594.626	3.247.717
Previsão em PIB (65% SIN; 35% sist. isol.)	3.095.273	552.152	3.647.425

Observa-se que as emissões evitadas são maiores para o caso da instalação de PCH em sistema isolado. Isto ocorre, pois a atividade de projeto de MDL para este caso promove a substituição de uma usina termelétrica e credita-se das emissões evitadas pela usina desativada. Já para o caso do SIN, os projetos de MDL creditam-se com base no fator de emissão do SIN, e por este ser composto majoritariamente por fontes de energias renováveis, representa um valor significativamente menor quando comparado ao fator de emissão do sistema isolado de fonte fóssil (Isolado: 0,855 tCO₂/MWh; SIN: 0,163 tCO₂/MWh).

O caso mais otimista dentre os quatro analisados, conforme tabela 8, é o da previsão do PDE (PDE, 2010) para o segundo cenário (potência instalada distribuída na proporção de 65% para SIN e 35% para sistema isolado). Para este caso, tem-se um potencial de emissões evitadas de 4.113.957 tCO₂, o que corresponde a uma receita bruta de R\$ 135.933.591,00, considerando a cotação da tonelada de CO₂ e a cotação do euro (vide metodologia). Já o caso economicamente menos favorável, ou seja, mais conservador é o da previsão com base em PIB para o primeiro cenário (potência instalada distribuída na proporção de 70% para SIN e 30% para sistema isolado) com um potencial de emissões evitadas de 3.247.717 tCO₂, o que corresponde a R\$ 107.311.247,00 em receita bruta de crédito de carbono.

Observa-se ainda, conforme tabela 8, que os valores referentes às emissões evitadas para a previsão realizada com base no

PIB é menos favorável para geração de créditos de carbono, para ambos os cenários considerados. Isto ocorre, pois esta previsão leva em consideração a diminuição da atratividade econômica dos empreendimentos à medida que os bons empreendimentos vão se esgotando (GALHARDO; TIAGO FILHO; MAMBELI, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foi possível estimar as potenciais emissões de CO₂ evitadas para projetos de MDL de PCHs, com base na evolução da potência instalada prevista nos próximos nove anos. Para tanto, considerou-se duas hipóteses e dois cenários de estudo, de forma a melhor representar a realidade da geração de receita ao longo dos anos. A hipótese 1 considera a evolução da potência instalada de PCHs segundo dados do PDE (PDE, 2010), tal estudo estima um crescimento de 2923 MW de potência instalada. Já a hipótese 2 considera o estudo de Tiago Filho, Barros, e Silva (2009) de crescimento da potência instalada com base no PIB, tal estudo estima um crescimento de 2600 MW para as PCHs. Os cálculos foram realizados por meio da planilha em *Microsoft® Excell®* de Michellis Jr (2010) e os resultados mostraram que para o caso mais otimista, hipótese 1 e segundo cenário, tem-se um total de 4.113.957 tCO₂ evitadas equivalendo a R\$ 135.933.591,00 em receitas brutas de créditos de carbono. A situação mais desfavorável, hipótese 2 e primeiro cenário, apresenta um potencial de 3.247.717 tCO₂ evitadas equivalendo a R\$ 107.311.247,00 em receitas brutas de créditos de carbono. Verificou-se ainda que a previsão de crescimento das PCHs realizada com base no PIB é mais conservadora, consequentemente levando a um menor potencial de geração de créditos de carbono. Em contrapartida, o PDE mostra-se mais otimista e com maior potencial de geração de créditos, mas desconsidera o grau de dificuldade técnica e a diminuição da atratividade dos novos empreendimentos que são função das condições de mercado no curto prazo e do interesse dos investidores (GALHARDO; TIAGO FILHO; MAMBELI, 2010).

Para fins de simplificação de cálculos, considerou-se que as novas PCHs previstas, segundo as duas hipóteses analisadas, possuem características equivalentes aos valores máximos estabelecidos pela resolução da ANEEL (ANEEL, 2003) que definiu as PCHs como empreendimentos com potência de até 30 MW e área de reservatório de até 3 km². Os valores de fatores de emissão de CO₂ considerados para simulação compreenderam, para o sistema isolado, o valor sugerido na planilha de simulação de 0,855 tCO₂/MWh, e para o SIN, o valor disponibilizado pelo MCT (MCT, 2010) para o ano de 2009 de 0,163 tCO₂/MWh.

Por fim, ressalta-se ainda que neste estudo todo o potencial de crescimento previsto para PCH foi considerado na estimativa de obtenção de créditos de carbono. No entanto, uma atividade de projeto, para ser contemplada no âmbito do MDL, entre outros requisitos, deve ser comprovadamente um projeto adicional, ou seja, a PCH, como projeto de MDL, não seria viabilizada sem os recursos provenientes dos créditos de carbono.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CÁLCULO dos fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil. Disponível em: <<http://www.reciclearcarbono.com.br/biblio/calculoco2.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2010.
- [2] CARDOSO, R. B.; NOGUEIRA, L. A. H. *Estudo de Emissões de Gases do Efeito Estufa de Reservatórios Brasileiros*. Revista PCH Notícias & SHP News, Itajubá, n. 41, p. 21-25, 2009.
- [3] CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. *Manual de Capacitação: Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo*. Brasília, DF: 2008.



- [4] CQNUMC-MCT. CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA - MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo* (Última compilação do site da CQNUMC: 03 de agosto de 2010). Disponível em: < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0212/212093.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2010.
- [5] CQNUMC - CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. *Metodologia de linha de base e monitoramento: AMS I.A Electricity Generation by the User. Versão 13. [2008]*. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4YDGOV6I3UOHV6NN5HMDIZPFRBW8IQ/view.html>> Acesso em: 30 abr. 2010.
- [6] ECX - EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE. Disponível em: <<http://www.ecx.eu/CERemindx>>. Acesso em: 09 de ago. 2010.
- [7] ELETROBRÁS. *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: Relatório final*. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000. 176p.
- [8] GALHARDO, C.; TIAGO FILHO, G. L.; MAMBELI, R. O cenário geral de crescimento previsto para as PCHs no Brasil de acordo com o Plano Decenal 2010-2019. *Revista PCH Notícias & SHP News*, Itajubá, nº 45, p. 36-37, 2010.
- [9] MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. *Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros*. 2006. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8855.pdf>. Acesso em: 7 mai. 2010.
- [10] MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. *Fatores de Emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional - Ano base 2010*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>>. Acesso em: 06 mai. 2010.
- [11] MESQUITA, E. N.; MILAZZO, M. L. *Emissão de Gases de Efeito Estufa de Reservatórios de Usinas Hidrelétricas*. In: CONGRESO CIER DE LA ENERGÍA - CONSIER, 3., 2007, Medellín. Anais eletrônicos ... Medellín: CONCIER, 2007. Disponível em: <[http://sg.cier.org.uy/cdi/cier-zeus.nsf/5d482b8005681b6203256f51000315dc/2AD2D8934AD6BDC8832575E600631226/\\$FILE/III%20CONCIER-BR-64-AC.pdf](http://sg.cier.org.uy/cdi/cier-zeus.nsf/5d482b8005681b6203256f51000315dc/2AD2D8934AD6BDC8832575E600631226/$FILE/III%20CONCIER-BR-64-AC.pdf)> Acesso em: 07 mai. 2010.
- [12] MICHELLIS JR., Décio. *Planilha para cálculo de receita líquida por crédito de carbono em projetos de PCHs* [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <remambeli2001@yahoo.com.br> em 13 jan. 2010.
- [13] PDE - *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019* / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2010.
- [14] SANTOS, M. A. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas*. 2000. 154p. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- [15] TIAGO FILHO, G. L.; BARROS, R. M.; SILVA, F. G. B. *Tendências para o crescimento de potência instalada de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) no Brasil, com base em seu Produto Interno Bruto (PIB)*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2010.
- [16] TIAGO FILHO, G. L.; GALHARDO, C. R.; BARBOSA, A. C.; BASTOS, A. S. *Uma Análise do Cenário Político e Regulatório Brasileiro das PCHs no Biênio*. Revista PCH Notícias & SHP News, Itajubá, nº 44, p. 37-43, 2010.



VII Conferência de Centrais Hidrelétricas

mercado e meio ambiente

2011

Envio de artigos

Pesquisadores, empresários e demais interessados no tema Pequenas Centrais Hidrelétricas devem submeter seus resumos conforme o calendário:

Envio de resumos – 22 de abril

Aceite do resumo – 13 de maio

Envio dos trabalhos completos – 15 de julho

Apresentação dos trabalhos – 04 de agosto de 2011

conch.com.br

CO-REALIZAÇÃO



REALIZAÇÃO



PARCERIA E ORGANIZAÇÃO

