EXPERIÊNCIAS E LIÇÕES DO MDL NO SETOR DE ENERGIA

Adelino Ricardo J. Esparta¹ Karen M. Nagai²

1 O SETOR DE ENERGIA: INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no contexto energético e inclui os seguintes escopos setoriais apresentados no anexo A do Protocolo de Quioto (UNFCCC, 2015):³

- indústrias de energia (fontes renováveis/não renováveis);
- distribuição de energia;
- demanda de energia;
- transporte; e
- emissões fugitivas de combustível (sólido, óleo ou gás).

Os escopos indicados incluem as seguintes atividades: *i*) geração de energia – isolada ou conectada à rede; *ii*) conexão de sistemas isolados; *iii*) medidas de eficiência energética; *iv*) substituição de combustível ou matéria-prima; *v*) distribuição de energia; *vi*) transporte; e *vii*) emissões fugitivas de combustíveis.

A componente energética é considerada na maior parcela dos projetos de MDL brasileiros registrados. As iniciativas do setor industrial, por exemplo, envolvem a questão energética por meio da substituição de combustíveis — de fósseis para renováveis ou uso de combustíveis menos carbonointensivos, medidas de eficiência energética e geração térmica por meio do uso de combustíveis renováveis (resíduos de atividades florestais e de agricultura) — e serão tratadas neste capítulo. A geração de energia proveniente do tratamento de gases de resíduos não será abordada neste capítulo, mas em outro dedicado ao biogás e ao biometano (capítulo 5 — *Resíduos*).

^{1.} Engenheiro químico. Pesquisador do Centro de Pesquisa para Inovação em Gás Natural da Universidade de São Paulo (RCGI/USP) .

^{2.} Gestora ambiental. Colaboradora na Ecopart Assessoria Ltda. (EQAO).

^{3.} Escopos setoriais são categorias de fontes de gases de efeito estufa (GEEs) ou grupos de atividades aplicáveis às atividades de projetos ou programas de atividades de MDL. Baseiam-se em setores e categorias de fontes estabelecidos no anexo A do Protocolo de Quioto. Uma atividade de projeto, ou programa de atividades de MDL, pode ser classificada em mais de um escopo setorial.

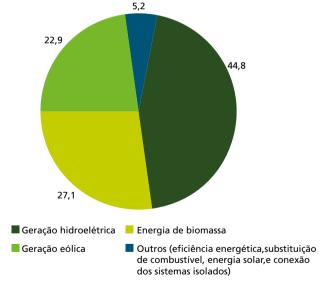
2 DIAGNÓSTICO DOS PROJETOS DE ENERGIA REGISTRADOS

Até junho de 2017, foram registrados 342 projetos de MDL no Brasil, dos quais 210 são projetos que envolvem a geração, a transmissão ou o consumo de energia, sendo 68,6% projetos de grande escala e 31,4% de pequena escala. ^{4,5} Com relação aos *programas de atividades* (PoAs), entre os dez registrados no Brasil, sete são projetos de geração de energia renovável e três envolvem recuperação e queima de metano (CH₄), também com fins energéticos. ⁶

As tecnologias implantadas no âmbito energético podem ser categorizadas em: *i*) geração de energia elétrica para o Sistema Interligado Nacional (SIN), que inclui a geração eólica, solar, hidrelétrica e termelétrica à biomassa na condição de produtor independente de energia (PIE); *ii*) geração *off-grid* (sistemas isolados), na condição de autoprodutor de energia (APE); *iii*) conexão dos sistemas isolados ao SIN; *iv*) substituição de combustível; *v*) eficiência energética; e *vi*) geração térmica a partir de biomassa.

Dos 210 projetos registrados de energia, 94 são projetos hidrelétricos; 57, eólicos; 48, de biomassa; seis, de substituição de combustível; três, de eficiência energética; um, de conexão dos sistemas isolados; e um, de geração solar (gráfico 1).

GRÁFICO 1
Projetos de MDL registrados no Brasil no contexto energético (mar./2017)
(Em %)



Fonte: Centro de Energia, Clima e Desenvolvimento Sustentável, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Disponível em: https://goo.gl/HQjdLY. Acesso em: 28 mar. 2017.

^{4.} Exceto projetos que envolvem biogás e biometano.

^{5.} Dados obtidos no *site* do Centro de Energia, Clima e Desenvolvimento Sustentável, do PNUMA. Disponível em: <goo. gl/vr99Rp>. Acesso em: 28 mar. 2017.

^{6.} Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC). Project Search 2017. Disponível em: <goo.gl/y4rrGL>. Acesso em: 30 maio 2017.

Somente um projeto eólico é destinado à geração *off-grid*. O restante dos projetos eólicos, hidrelétricos e solares é conectado ao SIN. No caso dos projetos de biomassa, 39 dos 48 projetos registrados geram eletricidade para a rede; os outros nove projetos envolvem somente energia térmica e/ou troca de combustível.

Com relação às emissões de *reduções certificadas de emissões* (RCEs), dos $122.324 \text{ ktCO}_2\text{e}$ emitidos, $25.269 \text{ ktCO}_2\text{e}$ são de projetos de energia (20,7% do total). As RCEs restantes estão divididas em: plantas de ácido nítrico (45,8%); gás de aterro (25,2%); metano evitado de dejetos animais e efluentes (3,5%); reflorestamento (3,5%); redução de emissões de hexafluoreto de enxofre (SF₆) e perfluorcabonos (PFCs) (1,3%); emissões fugitivas da produção de carvão (0,1%); e substituição e reciclagem de dióxido de carbono (CO₂) (0,01%) (tabela 1).

Apesar de as plantas de ácido nítrico, com cinco projetos, representarem 1,5% dos projetos registrados, são responsáveis por 45,8% dos créditos emitidos, devido ao alto potencial de aquecimento global do óxido nitroso (N_2O) .

TABELA 1

Quantidade e representatividade de projetos de MDL registrados e emitidos – Brasil (mar./2017)

Тіро	Projetos registrados	Projetos registrados (%)	Créditos emitidos (kRCE)	Projetos emitidos (%)
Energia	210	61,4	25.269	20,7
Energia de biomassa	48	22,9	9.410	37,2
Conexão dos sistemas isolados	1	0,5	316	1,3
Eficiência energética	3	1,4	353	1,4
Substituição de combustível	6	2,9	712	2,8
Geração hidrelétrica	94	44,8	14.135	55,9
Geração eólica	57	27,1	343	1,4
Geração solar	1	0,5	0	0,0
Outros projetos	132	38,6	97.055	79,3
Total	342	-	122.324	-

Fonte: PNUMA. Disponível em: <goo.gl/ih3zxB>. Acesso em: 28 mar. 2017; United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2017. Disponível em: <goo.gl/y4rrGL>. Acesso em: 30 maio 2017.

3 PROJETOS CONECTADOS À REDE

3.1 Simplicidade e robustez dos cálculos na metodologia

A partir da análise dos projetos de MDL brasileiros, nota-se expressiva participação de projetos de geração de eletricidade conectados à rede a partir de fontes renováveis de energia. Alguns fatores podem ser citados para essa significativa participação em relação a outras tipologias de projetos.⁷

^{7.} Esta análise não inclui projetos de geração de eletricidade por resíduos de biomassa, uma vez que houve redução significativa de registros desses tipos de projetos a partir de 2006, muito provavelmente devido à substituição, na percepção dos autores, da extremamente simples metodologia AM0015 — Cogeração de bagaço conectado à rede elétrica pela extremamente complexa ACM0006 — Geração de eletricidade e calor de biomassa.

No caso de projetos *greenfield* – ou seja, novas instalações, caso da maior parcela de projetos registrados –, o cenário de linha de base é determinado⁸ como sendo a eletricidade gerada pelo projeto, substituindo eletricidade que seria criada por uma combinação das plantas existentes e de outras que seriam construídas, refletida no fator de emissão do SIN. Assim, os únicos parâmetros necessários para o cálculo das emissões da linha de base e, consequentemente, para a determinação das RCEs são a eletricidade gerada pelo projeto MDL e o fator de emissão do SIN. Os fatores de emissão do SIN são, desde 2007, disponibilizados pela Autoridade Nacional Designada (AND) brasileira (Brasil, [s.d.]).⁹

Até mesmo para os casos de expansão e/ou reforma das plantas de geração, o cálculo permanece muito simples. O cenário de linha de base é identificado por meio da eletricidade gerada pelo projeto antes do MDL. Assim, as reduções de emissão são diretamente determinadas pela diferença entre a geração anterior no cenário de linha de base e a geração com a expansão e/ou reforma. Portanto, a geração adicional com a expansão e/ou reforma multiplicada pelo fator de emissão de CO₂ da rede resulta nas emissões da linha de base proporcionadas pelo projeto.

Dessa forma, o cenário de emissões da linha de base é facilmente definido pela metodologia, e a contabilização das reduções de emissão depende – quase que exclusivamente – da geração de energia despachada para a rede, que é monitorada pelos participantes de projetos (PPs).

3.2 Plano de monitoramento sem procedimentos alheios à operação

Todas as informações de geração de energia e sua confiabilidade, bem como a conformidade da operação das plantas, são exigidas durante a validação/verificação do projeto. Dessa forma, dados de geração de eletricidade, calibração de medidores, licença de operação, entre outros, são facilmente obtidos, uma vez que fazem parte das rotinas de operação dos projetos, sem a necessidade de instalação de equipamentos de monitoramento adicionais, de trabalho de terceiros, de treinamento especializado de operadores ou de alteração da rotina de trabalho da planta.

Adicionalmente, o monitoramento da eletricidade realizado pelos PPs pode ser facilmente auditado com dados de terceiros. É o caso da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE),¹⁰ via Sistema de Coleta de Dados de Energia (SCDE) *on-line*, ou, ainda, dos dados da concessionária/distribuidora de energia

^{8.} ACM0002 – Metodologia consolidada de grande escala para geração de eletricidade conectada à rede proveniente de fontes renováveis e AMS-I.D – Metodologia de pequena escala para geração de eletricidade renovável conectada à rede. Versões mais recentes encontram-se no *link* disponível em: https://goo.gl/jn2PrN.

^{9.} Na página de internet da AND brasileira estão disponíveis os fatores de emissão da margem de construção e operação desde 2006. Esses fatores são calculados por meio do método de despacho (horário) e do método simples ajustado.

^{10.} A CCEE é uma instituição criada em 2004, em substituição ao Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), como resultado do novo marco do setor elétrico brasileiro. É responsável pela gestão da comercialização de energia elétrica no sistema interligado.

local, para citar apenas algumas das evidências e documentos oficiais mais comumente utilizados para confirmar essa informação.

Há exemplos de projetos que, por restrições físicas e financeiras para a implementação do monitoramento adicional exigido pelo MDL, se tornaram inviáveis. Para citar um exemplo, a metodologia AMS-II.E — Medidas de eficiência energética e troca de combustível em edifícios exige o monitoramento por medida de eficiência energética, que não pode ser simplesmente contabilizada diretamente do consumo de energia elétrica, por incluir ações que podem ter algum grau de subjetividade sobre a influência direta do projeto de MDL, como a melhoria de gestão de operação e a manutenção por meio da adoção de mudanças de procedimentos, do estabelecimento de melhores práticas, da substituição de lâmpadas, entre outros. A dificuldade em atribuir inequivocamente toda redução de consumo de eletricidade diretamente às ações do projeto de MDL e a dificuldade de monitoramento por medida implementada foram a razão alegada para rejeitar projetos de eficiência energética em uma rede de supermercados envolvendo 94 lojas distribuídas em sete estados brasileiros.¹¹

No caso da geração de eletricidade conectada à rede, não há dificuldades de atribuição de melhorias, tampouco a necessidade de procedimentos alheios à operação normal dos projetos, o que, consequentemente, simplifica o trabalho e reduz custos de implementação, operação e transação dos projetos.

3.3 Independência da participação de terceiros

Pelo porte dos projetos de geração de energia elétrica conectados à rede, frequentemente não há necessidade de grande variedade de ações de monitoramento, que podem encarecer muito os custos de operação. Exemplo dessas ações pode ser observado em projetos de microescala (projetos de eficiência energética ou geração de eletricidade de porte residencial – households), quando ações de monitoramento/acompanhamento da operação de cada equipamento devem ser programadas individualmente, ainda que exista a possibilidade de amostragens. Assim, os PPs de geração de energia não dependem da confirmação e/ou troca de informações com terceiros, que podem gerar a necessidade de procedimentos adicionais, como assinatura de contratos individuais e manutenção preventiva de forma pulverizada. Nos casos de geração de eletricidade de porte residencial, por exemplo, para desenvolver o processo do MDL, são necessárias a participação e a consulta individuais a vários participantes, o que burocratiza e eleva os custos de desenvolvimento do projeto.

^{11.} Disponível em: https://goo.gl/8Ey1rd. Acesso em: 16 jun. 2017.

Em resumo, é bastante razoável assumir que o cálculo de redução de emissões e procedimentos mais simplificados para a comprovação do cenário de linha de base, a realização do monitoramento sem a necessidade de adotar procedimentos e/ou equipamentos adicionais, bem como a independência da participação de terceiros, contribuíram para o desenvolvimento mais intenso de projetos de MDL de geração de energia elétrica conectados à rede.

4 EVENTOS RELEVANTES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MDL NO SETOR DE ENERGIA NO BRASIL

4.1 Revisão e consolidação de metodologias: os projetos de biomassa e cogeração

O Brasil tem um significativo potencial de geração de eletricidade para a rede com o uso de resíduos de biomassa, mas há ainda muitas barreiras para maior desenvolvimento do setor. De certa forma, o MDL ajudou, durante algum período, na viabilização desses projetos. Mas essa tipologia de projetos é um exemplo de como revisões frequentes de metodologias de cálculo e exigências um tanto acadêmicas – em outras palavras, pouco relacionadas à realidade da operação de projetos reais – podem influenciar o desenvolvimento do setor. Devido à importância da cogeração com biomassa para o Brasil, participantes de alguns projetos brasileiros propuseram e conseguiram a aprovação, em setembro de 2004, da metodologia de grande escala AM0015, especificamente para uso de bagaço de cana na geração de eletricidade para a rede. A metodologia era extremamente simples e muito similar às empregadas para geração por hidrelétricas e aerogeradores. Enquanto a AM0015 foi válida – solicitações de registro foram permitidas até 25 de dezembro de 2005; ou seja, em um período de aproximadamente quinze meses -, 24 projetos de grande escala foram registrados utilizando-a. A AM0015 foi substituída pela metodologia consolidada ACM0006, muito mais minuciosa e com a introdução de várias restrições complexas, por exemplo, a eficiência dos múltiplos usos dos resíduos de biomassa.

Desde sua adoção, a metodologia ACM0006 foi se tornando cada vez mais complexa por adotar diferentes tipos de cenários teóricos para geração de eletricidade, calor/vapor, energia mecânica, biomassa e biogás. Atualmente, a ACM0006 possui setenta páginas, sem considerar as ferramentas correlatas nas quais a metodologia se apoia.

Desde então, 64 documentos de concepção de projetos foram publicados e iniciaram a validação no Brasil, mas apenas dois projetos de cogeração conseguiram o registro, um em 2007 e outro em 2011, e outros dois foram rejeitados – em 2008 e 2009. Dos 24 projetos registrados com AM0015, somente seis renovaram o período de créditos com o uso da ACM0006.

O setor cresceu no período, mas ainda mantém um grande potencial não realizado, e o MDL – ainda que faça sentido – infelizmente não representa mais um incentivo realista para o setor.

4.2 Incertezas metodológicas e pressões de grupos de interesse: grandes hidrelétricas – adicionalidade e reservatórios

A discussão sobre adicionalidade de empreendimentos hidrelétricos de grande escala sempre esteve presente no MDL. Afirmar que projetos hidrelétricos de grande porte são adicionais sempre causou desconforto em muitos *stakeholders*. ¹²

Por sua vez, a *ferramenta para avaliação e demonstração da adicionalidade* foi desenvolvida na tentativa de demonstrar objetivamente se determinado projeto é adicional ou não. No caso de projetos de energia, que recebem outras receitas além dos possíveis créditos de redução de emissões e que poderiam ser desenvolvidos por qualquer outro desenvolvedor, a demonstração factível da adicionalidade é essencialmente realizada por meio da análise financeira. A outra opção é a análise de barreiras, mas esta praticamente não é utilizada, pela extrema subjetividade e impossibilidade de ser comprovada na prática. Assim, a ferramenta de adicionalidade pode ser considerada uma boa ferramenta, no sentido de que determina meios para se definir: *i*) quais as alternativas realistas à implementação do projeto; *ii*) os projetos pioneiros e o que é prática comum de mercado; *iii*) as barreiras enfrentadas pelos projetos; e *iv*) a atratividade financeira do projeto e alternativas.

Logicamente, é bem pouco provável que um empreendedor invista em um projeto pouco atrativo financeiramente e que dependa exclusivamente de um financiamento tão incerto quanto o da comercialização de créditos de redução de emissões; por isso, a ferramenta para avaliação de adicionalidade visa descrever os passos para uma análise racional, e é, na opinião dos autores, uma boa forma para avaliação da adicionalidade de projeto sob o ponto de vista teórico. Naturalmente, há discussões sobre sua eficácia, mas os autores consideram que a aplicação de um conceito que pode ser muito subjetivo e em essência exclusivamente teórico (cenário da ausência do projeto é contrafactual) tem obrigatoriamente que assumir algumas flexibilidades, exatamente o que acontece na supracitada ferramenta, por exemplo, reconhecendo-se que um investidor racional – ao comparar duas alternativas economicamente viáveis – optaria por aquela que fosse financeiramente mais atrativa. Ou seja, o projeto não precisa ser necessariamente inviável e se tornar viável exclusivamente pelo faturamento com o fluxo financeiro dos créditos de redução de emissões para ser adicional.

^{12.} Atores envolvidos direta ou indiretamente pela implementação do empreendimento.

BOX 1

Comentários de consulta pública para MDL de hidrelétricas

No processo de consulta aos *stakeholders* na fase de validação, hidrelétricas de grande porte — como a usina hidrelétrica (UHE) Santo Antônio, a UHE Teles Pires e a UHE Jirau — receberam diversos comentários negativos relativos à adicionalidade, às emissões de reservatório, aos impactos ambientais e ao processo de licenciamento no Brasil.¹ Os PPs responderam a todos os comentários recebidos com base na metodologia ACM0002, procedimentos e ferramentas aprovadas pelo Conselho Executivo do MDL para que os projetos fossem validados. Mesmo tendo recebido críticas aparentemente severas, tais projetos foram registrados como MDL. Na opinião dos autores, essencialmente porque as críticas se focaram muito mais em processos e em reguladores, por exemplo, ao questionar a eficácia da ferramenta de adicionalidade, do que nas características dos projetos em si.

Elaboração dos autores.

Nota: ¹Por exemplo, os comentários sobre o projeto da UHE Santo Antônio estão no *link* disponível em: <goo.gl/Apf91Q>. A resposta dos PPs encontra-se no *link* disponível em: <goo.gl/isEmZH>. Acesso em: 30 abr. 2018.

A hidroeletricidade tem importância muito grande para o setor elétrico brasileiro. Entretanto, somente projetos fio d'água ou implantados em reservatórios já existentes eram elegíveis nas primeiras metodologias relacionadas a hidrelétricas. O conceito de *fio d'água* no âmbito do MDL nunca foi precisamente definido, mas isso não impediu o registro de treze projetos no Brasil em 2006. No entanto, o potencial para projetos de MDL em hidrelétricas com novos reservatórios e não fio d'água sempre existiu. Mas foi somente a partir da versão 6 da metodologia ACM0002, em julho de 2006, que hidrelétricas com novos reservatórios se tornaram elegíveis no mecanismo, por meio da introdução do conceito de densidade de potência, derivado de estudos de referência brasileiros (Brasil, 2006).

Para atividades de projeto de energia hidrelétrica que resultam em reservatórios únicos ou múltiplos, os seguintes critérios devem ser observados:

- a metodologia não é aplicável se a densidade de potência da atividade do projeto for menor ou igual a 4 W/m²;
- as emissões de CH₄ e CO₂ do reservatório devem ser consideradas se a densidade de potência da atividade do projeto for maior que 4 W/m² e menor ou igual a 10 W/m²; e
- as emissões do reservatório de água são definidas como zero se a densidade de potência da atividade do projeto for maior que 10 W/m².

O primeiro projeto brasileiro claramente não fio d'água foi registrado em maio de 2008 (Complexo Energético Fundão Santa Clara – CEFSC), que inclui hidrelétrica com densidade de potência de 6,13 W/m². Vários outros foram registrados desde então.

Os valores-limite de densidade de potência e de emissões foram definidos a partir da recomendação de elegibilidade do Painel de Metodologias do MDL (UNFCCC, 2006b). Partindo-se de dados empíricos de reservatórios brasileiros, foram apresentadas estimativas para reservatórios hipotéticos com 10 W/m² de densidade de potência e

60% de fator de capacidade, o que resultou em faixa de emissões de 20,14 a 76,40 kgCO₂e/MWh. A partir desses números, o Conselho Executivo do MDL decidiu de maneira conservadora adotar emissões de 90 kgCO₂eq/MWh para reservatórios com densidade de potência maior que 4 W/m² e menor ou igual a 10 W/m².

A fim de confirmar o conservadorismo do procedimento previsto na metodologia de MDL aprovada, a tabela 2 foi preparada utilizando-se os mais recentes dados de compilação da literatura disponíveis para UHEs brasileiras (Demarty e Bastien, 2011).

TABELA 2
Emissões de gases de efeito estufa (GEEs) de UHEs

Barragem / reservatório	Emissões totais anuais	Idade do reservatório	Área do reservatório	Capacidade instalada	Densidade de potência	Fator de emissão anual do reservatório
reservations	(10 ⁶ tCO ₂ eq)	(anos)	(km²)	(MW)	(W/m²)	(gCO ₂ eq/m²)
Miranda	0,15	1	70	408	5,83	2,14
Serra da Mesa	2,14	1	1.784	1.275	0,71	1,20
Xingo	0,16	4	60	3.000	50,00	2,67
Tucurui	28,73	5	2.875	8.370	2,91	9,99
Segredo	0,09	6	82	1.260	15,37	1,10
Itaipu	0,20	7	1.350	12.600	9,33	0,15
Samuel	2,60	11	560	216	0,39	4,64
Balbina	2,43	16	2.360	250	0,11	1,03
Barra Bonita	0,57	35	334	141	0,42	1,71
Três Marias	4,21	36	1.155	396	0,34	3,65

Fonte: Demarty e Bastien (2011). Elaboração dos autores.

A partir dos números disponíveis, fica claro que, em determinadas circunstâncias, há o potencial para grandes quantidades brutas de GEEs. Não obstante, todas as plantas com emissões brutas altas de CO₂ não seriam elegíveis no âmbito do MDL, pois suas densidades de potência são todas menores que 4 W/m² – destacadas em vermelho na tabela 2.

Utilizando-se dados de geração de 2012, é possível estimar o fator de emissão das usinas da tabela 2 elegíveis no MDL (tabela 3). Deve-se observar que o cálculo é realizado usando-se emissões brutas, sem distinção entre emissões devido ao reservatório e emissões naturais. A partir dessas estimativas, fica muito clara a razoabilidade e, em alguns casos, o excesso de conservadorismo dos limites empregados em projetos de MDL.

				. ,	
Barragem/ reservatório	MWh total em 2012	Área (m²)	Emissão total 2012 (tCO ₂ e)	Densidade de potência (W/m²)	Fator de emissão (kgCO ₂ e/MWh)
Miranda	2.096.372	70.000.000	150.000	5,83	71,55
Xingó	19.673.435	60.000.000	160.000	50,00	8,13
Segredo	5.993.278	82.000.000	90.000	15,37	15,02
Itaipu	89.204.754	1.350.000.000	200.000	9,33	2,24

TABELA 3
Estimativa do fator de emissão das usinas elegíveis no MDL (2012)

Fonte: Demarty e Bastien (2011); ONS (2012).

Elaboração dos autores.

A partir dos resultados, pode-se concluir que a metodologia aprovada ACM0002 é conservadora com relação às emissões de reservatórios para a grande maioria dos casos elegíveis.

No entanto, é preciso reconhecer que esforços adicionais são necessários para elaborar um protocolo de medição robusto, com o objetivo de estimar com mais precisão as emissões de GEEs de corpos d'água.

O mercado, por sua vez, é quem define os critérios para a compra de créditos de carbono de empreendimentos hidrelétricos de grande escala. Assim, ainda que projetos de grande porte gerem créditos, se não houver compradores para esses créditos, o incentivo não existirá na prática.

Em 2007, os desenvolvedores de projetos hidrelétricos e compradores de créditos de carbono passavam por incertezas regulatórias da União Europeia (UE) sobre a elegibilidade dos créditos gerados por hidrelétricas com potência instalada acima de 20MW. Na época, houve rumores sobre a proibição da comercialização desses créditos no mercado europeu, o que paralisou várias negociações em curso.

Em 2008, a UE começou a exigir que projetos com capacidade instalada acima de 20MW fossem avaliados segundo os critérios da Comissão Mundial de Barragens (WCD – em inglês, World Commission on Dams),¹³ para que os créditos gerados por esses projetos se tornassem elegíveis no Regime de Comércio de Licenças de Emissão da UE (EU Emissions Trading Scheme).¹⁴ Da mesma forma, compradores no mercado voluntário também começaram a exigir tal certificação.

^{13.} A WCD possui sete princípios: *i)* aceitação pública e consulta aos *stakeholders*; *ii)* avaliação de opções abrangentes; *iii)* avaliação das barragens existentes; *iv)* sustentabilidade de rios e meios de subsistência; *v)* reconhecimento de direitos e benefícios compartilhados; *vi)* garantia da conformidade; e *vii)* compartilhamento dos rios para paz, desenvolvimento e segurança (WCD, 2000).

^{14.} Programa obrigatório de limitação e comércio de emissões que permite o uso de créditos de carbono dos mecanismos do Protocolo de Quioto. Disponível em: <goo.gl/uepkj6>. Acesso em: 16 jun. 2017.

BOX 2

Cálculo de emissões de reservatórios

As emissões do projeto a partir de reservatórios de água são calculadas conforme a seguinte equação:1

$$PE_{HP,y} = \frac{EF_{Res} \times TEG_{y}}{1000} \tag{1}$$

Em que:

 PE_{HP_v} Emissões do projeto a partir de reservatórios de centrais hidrelétricas no ano y (tCO₂e);

 EF_{Res} Fator de emissão padrão para emissões a partir de reservatórios de centrais hidrelétricas; a saber, 90 kg CO_xe/MWh;

 TEG_y Eletricidade total produzida pela atividade do projeto, incluindo-se a eletricidade fornecida à rede e a eletricidade dada às cargas internas, no ano y (MWh).

A densidade de potência da atividade do projeto é determinada pela equação a seguir:

$$PD = \frac{Cap_{PJ} - Cap_{BL}}{A_{PJ} - A_{BL}} \tag{2}$$

Em que:

PD Densidade de potência da atividade do projeto, em W/m2;

Capacidade instalada da central hidrelétrica após a implementação da atividade do projeto (W)

Cap_{BL} Capacidade instalada da central hidrelétrica antes da implementação da atividade do projeto (W). Para novas centrais hidrelétricas, esse valor é zero;

 A_{PJ} Área dos reservatórios únicos ou múltiplos medida na superfície da água, após a implementação da atividade do projeto, quando o reservatório estiver cheio (m^2);

Área dos reservatórios únicos ou múltiplos medida na superfície da água, antes da implementação da atividade do projeto, quando o reservatório estiver cheio (m²). Para novos reservatórios, esse valor é zero.

Apesar de a determinação da metodologia para o parâmetro A_{gL} ser zero para novos reservatórios, alguns projetos foram registrados descontando-se o leito do rio. Assim, A_{gL} é a área superficial do rio antes da implementação do projeto, e, portanto, a área considerada para efeitos de cálculo de densidade de potência é a diferença entre a área de reservatório e a área da calha do rio existente. Essa abordagem se baseia no esclarecimento fornecido pelo Conselho Executivo do MDL, no qual se lê: "para calcular a densidade de potência, a equação correta será a capacidade energética aumentada dividida pela área inundada aumentada medida na superfície da áqua" (tradução nossa).²

Elaboração dos autores.

Notas: ÎACM0002 – Metodologia consolidada de grande escala – geração de eletricidade conectada à rede a partir de fontes renováveis. Versão mais recente disponível em: <goo.gl/FcfGQD>.

² Pedido de esclarecimento para metodologia de MDL aprovada de grande escala: AM_CLA_0049 – calculation of power density. Disponível em: <goo.gl/KQUzLu>. Acesso em: 20 dez. 2017.

4.3 Ausência de informação publicamente disponível e diferenças de interpretação de metodologias: fator de emissão de CO₂ da rede/fator de emissão do sistema interligado

Desde os primeiros momentos do desenvolvimento de projetos de MDL no setor de energia no Brasil, estava claro que projetos de geração de eletricidade por fontes renováveis desempenhariam um papel importante.

Mas de partida havia grande dificuldade para esses projetos, a saber, como calcular o fator de emissão do SIN. Já no início dos anos 2000, foram publicados artigos sobre o assunto especificamente para o Brasil (Esparta, Atala Junior e Martins, 2001; Esparta e Martins, 2002). Entretanto, isso somente foi parcialmente resolvido com a publicação das primeiras metodologias aprovadas para o setor: para projetos de pequena escala, a versão 2 da AMS-I.D, em dezembro de 2003; e para projetos de grande escala, a AM0015 e a ACM0002, ambas em setembro de 2004.

Para todas as metodologias, realiza-se o cálculo do fator de emissão de sistemas interligados, utilizando-se os conceitos de margem de operação e margem de construção, introduzidos para o sistema brasileiro por Meyers *et al.* (2000) e mais elaborado por Sathaye *et al.* (2002). A ideia é que, ao adicionar-se uma nova usina de geração de eletricidade ao parque instalado, haverá impacto na operação (a eletricidade com o maior custo de operação, que representa a margem de operação, será deslocada) e na construção de novas usinas (a tendência de construção observada nos últimos anos, a margem de construção, será alterada).

A partir da publicação das metodologias, algumas empresas privadas buscaram informação publicamente disponível, e, em um trabalho coletivo, obtiveram e disponibilizaram os primeiros fatores de emissão do período 2004-2006 para o sistema interligado brasileiro. Alguns projetos foram aprovados ao se utilizarem esses fatores de emissão. O primeiro projeto foi registrado em janeiro de 2006, e, ao final do primeiro semestre de 2006, já havia trinta projetos de geração de eletricidade por fontes renováveis registrados.

Entretanto, a partir do segundo semestre de 2006, divergências de interpretação entre a AND brasileira, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC) e os proponentes de projeto sobre quais métodos utilizar para o cálculo da margem de operação – a CIMGC exigia a utilização de método de análise dos dados horários de despacho, que necessitam de informação não publicamente disponível – e quais as fronteiras do sistema aplicáveis (S, SE-CO, N e NE para a CIMGC e S-SE-CO e N-NE para os proponentes de projeto) dificultaram durante algum tempo a aprovação de projetos no setor.

A partir do início de 2007, a CIMGC iniciou a publicação de fatores de emissão, de acordo com as premissas consideradas mais apropriadas pela própria comissão (margem de operação por dados de despacho e quatro sistemas elétricos). Mesmo assim, essas premissas foram quase que imediatamente questionadas por PPs, que optaram por utilizar dados 100% publicamente disponíveis. O assunto só foi definitivamente resolvido após audiência pública, realizada em dezembro de 2007, que resultou finalmente na publicação da Resolução CIMGC nº 8,¹⁵ que definiu o SIN como sistema único e aceitou outros métodos de cálculo para a margem de operação preparados por participantes de projetos.

^{15.} Resolução nº 8, da CIMGC, de 26 de maio de 2008. Disponível em: https://goo.gl/yxZ64S. Acesso em: 22 dez. 2017.

As discussões sobre o fator de emissão são exemplo da insistência e da perseverança dos PPs, que conseguiram obter os fatores de emissão publicados em métodos, além dos prescritos inicialmente pela AND. Tais discussões, suas repercussões e o aprendizado sobre como tratar visões diferentes da iniciativa privada e do regulador governamental fazem parte do legado do MDL para projetos de energia conectados à rede.

4.4 Os projetos Proinfa e a titularidade governamental dos créditos

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) – criado pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 – teve o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas - PCHs, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tinham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição. 16 A lei que criou o programa não previa titularidade de possíveis créditos de carbono. Entretanto, na sua regulamentação, pelo Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004, a redução de emissão de GEEs nos termos do Protocolo de Quioto foi explicitada como um dos objetivos do programa, e recursos financeiros da conta Proinfa seriam alocados para a empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras), com o objetivo de obter eventuais benefícios financeiros do MDL.¹⁷ Alguns PPs com unidades de geração no programa procuraram registrar seus projetos no mecanismo sem a participação direta do governo federal. A grande maioria dos que tentaram foi duramente questionada sobre a titularidade dos RCEs, mas alguns poucos¹⁸ conseguiram o registro. Mas, apesar do desejo do governo federal e do grande esforço em recursos humanos e financeiros, a Eletrobras encontrou enormes dificuldades para o registro dos projetos do Proinfa no MDL. Somente em outubro de 2012, quatro grupos de projetos de PCHs e parques eólicos iniciaram o processo de validação, mas, até dezembro de 2017, nenhum projeto havia obtido o registro, e, consequentemente, o possível benefício financeiro do mecanismo foi perdido. A experiência mereceria discussão mais aprofundada – que, infelizmente, não será possível desenvolver aqui –, para entender com precisão as dificuldades e os problemas e, finalmente, tentar evitá-los em situações futuras similares.

^{16.} Disponível em: http://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 27 dez. 2017.

^{17.} Por exemplo, o Proinfa 2013, produzido pela empresa Eletrobras (2012), indica cobertura específica para o desenvolvimento das atividades voltadas à obtenção de créditos de carbono do programa, no valor de pouco mais de R\$ 20,6 milhões.

^{18.} Por exemplo, a usina termelétrica (UTE) Cerradinho, a UTE Coruripe, central geradora eólica (CGE) Água Doce, PCH Aquarius e CGE Osório.

5 SETOR ELÉTRICO

Para avaliar o impacto do MDL no setor elétrico, foram analisados os empreendimentos que entraram em operação e que foram registrados nesse mecanismo. Para tal análise, valem as observações descritas a seguir.

- A entrada de operação dos empreendimentos baseou-se no Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel); dados coletados em 6 de junho de 2017.
- 2) Foram considerados somente empreendimentos que entraram em operação na condição de PIE. Portanto, não entraram na análise projetos de central geradora hidrelétrica (CGH), central geradora solar fotovoltaica (UFV) e usina termonuclear (UTN), uma vez que são tratados como APEs, fornecedores de serviço público (SP) e/ou registro (REG).
- 3) O MDL teve o primeiro projeto registrado em 18 de novembro de 2004. 19 Contudo, há projetos de MDL registrados que iniciaram operação a partir de 2000, pois havia a possibilidade de obtenção de créditos retroativos para projetos submetidos ao registro até 31 de março de 2007 (UNFCCC, 2006a).
- 4) Há projetos de MDL que entraram em operação antes de 2000, e, portanto, seu registro no mecanismo refere-se a projetos de expansão e/ou reforma, como a maior parte dos projetos de cogeração com bagaço de cana-de-açúcar. Assim, apesar de a Aneel indicar que determinada usina entrou em operação em 1994, por exemplo, o projeto MDL trata da expansão e/ou reforma realizada pelo empreendedor pós-2000.
- 5) Não foram incluídos projetos MDL de geração de eletricidade por biogás, uma vez que não foi possível correlacionar os empreendimentos identificados na Aneel com os projetos registrados na página de internet da UNFCCC. Ademais, essa tipologia de projeto será tratada no capítulo 5 (*Resíduos*).

Uma vez que o primeiro projeto de MDL foi registrado no final de 2004, foram analisados os dez anos anteriores e posteriores a 2005, com o objetivo de tentar abstrair o impacto do mecanismo no setor. No período 1996-2005, entraram em operação 164 empreendimentos na condição de PIE, dos quais 42 foram registrados no MDL – ou seja, 25,6% do total (tabela 4).

^{19.} O primeiro projeto registrado no MDL foi o Projeto NovaGerar (projeto de energia a partir de gases de aterro sanitário). Disponível em: <goo.gl/CYdvYx>.

Considerando-se o período 2006-2015, 742 empreendimentos entraram em operação, dos quais 221 são projetos de MDL – isto é, 29,8% do total (tabela 4).

TABELA 4

Quantidade de empreendimentos que entraram em operação por fonte e representatividade do MDL (1996-2005/2006-2015)

Período	1996-2005			2006-2015		
Fonte	Empreendi- mentos que entraram em operação	Projetos de MDL	MDL (%)	Empreendi- mentos que entraram em operação	Projetos MDL	MDL (%)
UTE ¹	89 ²	17	19,1	180³	4	2,2
PCH	48	22	45,8	223	78	35,0
UHE	25	3	12,0	36	8	22,2
EOL ⁴	2	0	0,0	301	131	43,5
Total	164	42	25,6	740	221	29,9

Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: <goo.gl/y4rrGL. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboracão dos autores.

Notas: 1 Usina termelétrica.

Como projetos que iniciaram operação a partir de 2000 puderam requerer créditos retroativos, foi realizada outra análise admitindo-se o período anterior e posterior a 2000. Considerando-se o período 1990-1999, 42 empreendimentos entraram em operação, dos quais cinco UTEs foram registradas no MDL, devido a projetos de reforma e expansão (11,9% do total). Por sua vez, no período seguinte (2000-2009), 332 empreendimentos iniciaram suas operações, dos quais 76 foram registrados no MDL – ou seja, 22,9% do total (tabela 5).

No período 2000-2009, seis projetos foram rejeitados (dois termelétricos, três PCHs e um hidrelétrico de grande escala) e dois projetos retirados (ambos hidrelétricos).

Vale ressaltar que o setor elétrico passou por profundas reestruturações no período 1990-2000, com a criação de instituições, a desverticalização do setor e a separação dos segmentos de geração, transmissão e comercialização, bem como programas de privatização, para citar apenas algumas das mudanças. Os resultados dessas iniciativas são claramente observados com a análise da quantidade de empreendimentos com operação iniciada de 1990 a 1999 (42 empreendimentos) e entre 2000 e 2009 (332 empreendimentos).

² Dos quais 38 são renováveis (bagaço de cana, resíduos florestais e casca de arroz).

³ Dos quais 125 são renováveis (bagaço de cana, resíduos florestais, casca de arroz, capim elefante e biogás de resíduos sólidos urbanos).

⁴ Central geradora eólica.

TABELA 5
Quantidade de empreendimentos que entraram em operação por fonte e representatividade
do MDL (1990-1999/2000-2009)

Período		1990-1999		2000-2009		
Fonte	Empreendimen- tos que entraram em operação	Projetos de MDL	MDL (%)	Empreendimen- tos que entraram em operação	Projetos de MDL	MDL (%)
UTE	24(1)	5	20,8	137(2)	21	15,3
PCH	11	0	0,0	134	47	35,1
UHE	5	0	0,0	35	6	17,1
EOL	2	0	0,0	26	2	7,7
Total	42	5	11,9	332	76	22,9

Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: goo.gl/y4rrGL. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboração dos autores.

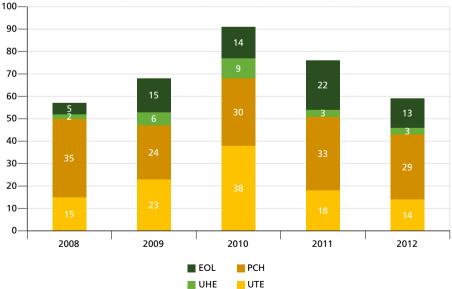
Notas: ¹Dos quais dezesseis são renováveis (bagaço de cana e resíduos florestais).

Considerando-se apenas o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008 a 2012), 351 empreendimentos iniciaram operação, dos quais 75 foram registrados no MDL (gráfico 2).

Os gráficos 3, 4, 5 e 6 apresentam a entrada em operação de empreendimentos no período 2008-2012, por tipo de fonte e quantidade de projetos registrados no MDL.

GRÁFICO 2

Quantidade de empreendimentos por fonte que iniciaram operação (2008-2012)



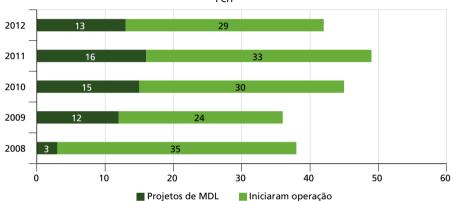
Fonte: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT. Elaboração dos autores.

²Dos quais 73 são renováveis (bagaço de cana, resíduos florestais, casca de arroz, biogás de resíduos sólidos urbanos e gás de alto forno de biomassa).

A pequena central hidrelétrica é o tipo de projeto energético mais registrado até 2012 (gráfico 2). Após esse ano, perdeu para as eólicas, que representaram 88,8% do total de projetos registrados no período 2013-2016. Nesse período (2013-2016), apenas quatorze projetos de PCHs foram registrados no MDL, montante antes registrado anualmente. Essa redução reflete também a diminuição do desenvolvimento desse tipo de projeto, com queda de quase 50% da média de quantidade de projetos que iniciaram operação em relação à média dos quatro anos anteriores (2009-2012).

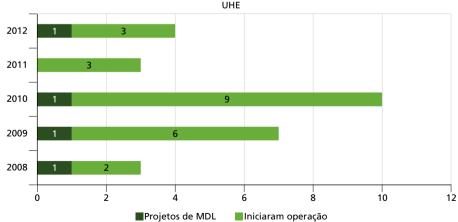
GRÁFICO 3

Quantidade de PCHs que iniciaram operação e registro no MDL (2008-2012)



Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: <goo.gl/y4rrGL>. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboração dos autores.

 $\mathsf{GR}\mathsf{\acute{A}FICO}\ 4$ Quantidade de UHEs que iniciaram operação e registro no MDL (2008-2012)



Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: <goo.gl/y4rrGL. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboração dos autores.

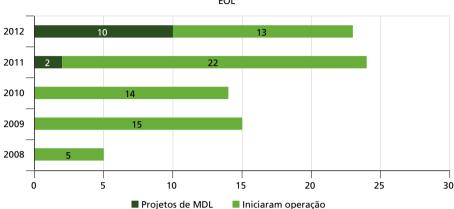


GRÁFICO 5 Quantidade de parques eólicos que iniciaram operação e registro no MDL (2008-2012) EOL

Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: <goo.gl/y4rrGL>. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboração dos autores.

No período 2008-2012, apenas quatro usinas hidrelétricas foram registradas: 14 de Julho, Baguari, Engenheiro José Luiz Müller de Godoy Pereira (Antiga Foz do Rio Claro) e Santo Antônio. Cabe destacar que alguns empreendimentos – por exemplo, UHE Jirau e UHE Teles Pires – foram registrados no MDL em 2012; contudo, entraram em operação comercial após 2012, e, portanto, não entraram nesta análise, uma vez que esta considera o ano em que os projetos entraram em operação comercial e quais destes são MDL. O prazo de registro de projetos até 2012, devido às incertezas após o primeiro período de compromisso, foi um dos critérios para que muitos desenvolvedores iniciassem o processo do MDL com antecedência – antes da operação comercial dos empreendimentos.

Projetos eólicos brasileiros iniciaram seu registro no MDL somente a partir do início de 2011. Antes desse ano, apenas dois projetos foram registrados como parte desse mecanismo.²⁰ Considerando-se o período pós-2012 (2013 a 2016), 323 projetos eólicos entraram em operação, dos quais 135 foram registrados no MDL – ou seja, 41,8% do total.

Além do atendimento à demanda, o racionamento ocorrido no período 2001-2002 influenciou a urgência de diversificação da matriz. Com relação ao incentivo às fontes renováveis, uma das iniciativas do governo foi a criação

^{20.} Projetos eólicos Água Doce e Osório.

do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, por meio da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Por meio do Proinfa, projetos de biomassa, PCHs e eólicos foram incentivados com contratos de compra e venda de energia de longo prazo (vinte anos), firmados entre os desenvolvedores de projetos e a Eletrobras. O preço de compra de energia foi estabelecido para cada tipo de fonte, com o piso de 80% da tarifa média nacional de fornecimento aos consumidores finais. Os custos são rateados entre os consumidores finais do SIN.

Na primeira fase do programa, inicialmente, previa-se a entrada em operação dos empreendimentos até dezembro de 2006. Contudo, devido às dificuldades enfrentadas pelos desenvolvedores de projetos e em razão da oferta de equipamentos – não somente de aerogeradores eólicos, mas também para outros tipos de projetos, considerando o aquecimento do mercado de energia mundial e a necessidade do cumprimento do índice de nacionalização no curto prazo –, o último prazo definido para entrada em operação dos empreendimentos selecionados no programa foi em dezembro de 2010, como determinado pela Lei nº 11.943, de 28 de maio de 2009.²² Apenas como referência, o preço pago para projetos eólicos no âmbito do Proinfa em dezembro de 2013 chegou a R\$ 361,86/MWh (Eletrobras, 2012); ou seja, três vezes o valor pago no leilão de energia nova para projetos eólicos em 2013 – média de R\$120/MWh (CCEE, 2016).

No período 2008-2012, dos 69 parques eólicos que iniciaram operação, dezoito são projetos que participam do Proinfa (26,1% do total). De fato, esse programa possibilitou o cenário e a curva de aprendizado para o desenvolvimento de projetos eólicos. Dos 415 parques eólicos em operação atualmente, 170 participam do Proinfa e/ou MDL e cinco foram rejeitados no MDL. O programa permitiu a evolução do desenvolvimento da indústria eólica no país, que atualmente possui capacidade de produção próxima a 750 MW de potência instalada por ano, atingindo um índice de nacionalização de 70% (EPE, 2009). Embora o Proinfa tenha sempre considerado a participação no MDL, após enfrentar muitas dificuldades durante anos na tentativa, a Eletrobras ainda busca o registro desses projetos.

^{21.} Disponível em: <goo.gl/hDhdvS>. Acesso em: 29 jun. 2017.

^{22.} Disponível em: https://goo.gl/iFr4A7. Acesso em: 29 jun. 2017.

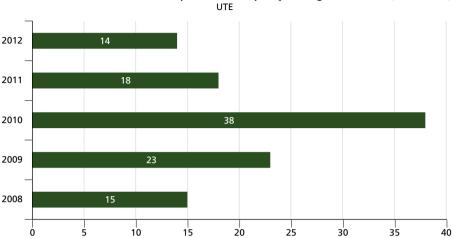


GRÁFICO 6

Quantidade de termelétricas que iniciaram operação e registro no MDL (2008-2012)

Fontes: Aneel. Disponível em: https://goo.gl/oGuhgT; UNFCCC (2017). Disponível em: <goo.gl/y4rrGL>. Acesso em: 30 maio 2017. Elaboração dos autores.

Como observado no gráfico 6, nenhum projeto termelétrico foi registrado no MDL no período 2008-2012. Isso se deve à substituição da AM0015 para ACM0006 e a subsequentes revisões, conforme discutido anteriormente neste capítulo. Em 2009, um projeto de cogeração foi submetido para registro com a versão 6 da ACM0006 e foi rejeitado,²³ uma vez que, segundo relatório da Diretoria Executiva do MDL (UNFCCC, [s.d.]), os participantes do projeto não conseguiram demonstrar o conservadorismo na seleção das plantas de referência e na análise financeira do projeto.

Considerando os resultados apresentados, é possível afirmar que o MDL foi um incentivo importante para o desenvolvimento de projetos de geração de eletricidade renovável durante o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto. Naturalmente, este não foi o único fator levado em consideração para a implantação dos empreendimentos, mas serviu de incentivo e foi admitido em muitos empreendimentos.

A reforma do setor elétrico realizada no período anterior ao MDL e as condições de investimento favoráveis do país também possibilitaram o desenvolvimento desses projetos. Embora as RCEs não pudessem ser ofertadas como garantia de financiamento, devido às incertezas do registro do projeto e/ou de monitoramento durante as verificações, pode-se afirmar que melhoraram a atratividade dos projetos quando consideradas em seus fluxos de caixa.

^{23.} Santa Cruz S. A. – Açúcar e álcool – Cogeneration project.

6 OUTROS PROJETOS ENERGÉTICOS

Além dos projetos de geração de eletricidade conectados à rede enquadrados no escopo setorial 1 (indústrias de energia e fontes renováveis/não renováveis), há outras tipologias de projetos enquadrados nos escopos setoriais, como os escopos 2 (distribuição de energia), 3 (demanda de energia), 7 (transporte) e 10 (emissões fugitivas). Contudo, não há projetos de MDL brasileiros registrados nesses escopos. A única iniciativa formalmente identificada é a do Grupo Pão de Açúcar, que envolve o escopo 3, com medidas de eficiência energética; cinco projetos foram submetidos para registro, mas foram rejeitados devido a não comprovação dos requisitos de monitoramento exigidos como prescrito na metodologia.²⁴

As iniciativas de redução de emissões nesses escopos existem; contudo, não levaram em consideração as receitas dos créditos de carbono. A alta complexidade do processo de validação, aprovação e registro, bem como do monitoramento, o alto custo envolvido (contratação de empresa de consultoria especializada e entidade operacional designada, taxa de registro, entre outros exemplos) e a alta incerteza de sucesso no registro influenciaram significativamente para que o MDL não fosse considerado.

Como exemplo, podemos citar a expansão da linha amarela do Metrô de São Paulo, em que houve processo de licitação para análise de viabilidade de projeto de MDL e parceria do estado de São Paulo e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para o desenvolvimento de duas metodologias de MDL. Contudo, a iniciativa não tem resultados publicamente disponíveis, e, portanto, não são conhecidas as razões para a não continuidade desses projetos.

Há diversos estudos governamentais e outras instituições sobre a consideração do MDL para a ampliação do uso de biocombustíveis – como o etanol e o biodiesel – e a substituição de óleo diesel por gás natural no transporte público, mas não houve mais repercussões.

Não somente no caso dos transportes, mas também em outros setores, é evidente a dificuldade do governo em participar diretamente de mecanismos econômicos pensados para o setor privado como o MDL – como o exemplo do Proinfa, já referido. Somente no caso do biogás de aterro, governos municipais conseguiram participar da iniciativa de maneira tardia, via questionamento de concessões sem previsão de captura de GEEs e deixando o trâmite para registro como responsabilidade de entes privados. Aqui, os autores não afirmam que essa é a única solução possível, mas tão somente que foi a única com resultado positivo no primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto.

^{24.} Informações sobre projetos rejeitados no MDL podem ser vistos no *link* disponível em: <goo.gl/RnRC1Y>. Acesso em: 19 jul. 2017.

No âmbito industrial, há diversos estudos sobre oportunidades do MDL no setor, também envolvendo o PoA, mas que não são executados na prática. No caso do setor industrial, algumas iniciativas de eficiência energética podem ser identificadas, mas de difícil comprovação da adicionalidade, uma vez que envolvem receitas adicionais além dos créditos de carbono, devido à redução do consumo de energia. Além disso, as dificuldades associadas a monitorar as medidas por tipo de equipamento nem sempre são de fácil aplicação, como no caso do projeto do Grupo Pão de Açúcar, discutido anteriormente.

Algumas razões podem ser citadas para a não consideração do MDL, e são descritas a seguir.

- Comprovação da adicionalidade para demonstrar falta de atratividade financeira para projetos que recebem outras receitas além do MDL e/ou quando existe regulamentação sobre determinada iniciativa de redução de emissão, como no caso das medidas de eficiência energética aplicadas às distribuidoras de energia.
- 2) Dificuldades no monitoramento por equipamento/medida.
- 3) Custos elevados, alta complexidade e intensa burocracia no trâmite para registro e acompanhamento dos projetos.
- 4) Incertezas do sucesso da validação e do registro.
- 5) Incertezas sobre o Protocolo de Quioto e/ou mercados futuros.
- 6) Incerteza sobre preços e volatilidade do mercado extremamente dependentes das regulamentações da UE.

7 CONCLUSÃO

As receitas dos créditos de carbono do MDL contribuíram inequivocamente para melhorar a atratividade dos empreendimentos do setor elétrico. A simplicidade da definição da linha de base e do cálculo de redução de emissões, bem como o monitoramento sem necessidade de instalação de equipamentos adicionais ou procedimentos complexos colaboraram para o maior sucesso no registro de projetos de MDL de plantas de geração de eletricidade conectadas à rede, comparativamente a outros tipos de projeto.

Um legado respeitável do MDL é o desenvolvimento, a aceitação e a aplicação prática da avaliação da adicionalidade de uma forma mais robusta, ainda que bastante complexa – incluindo-se o estudo de alternativas ao projeto, a análise financeira e de barreiras à implementação do projeto, bem como o levantamento da prática comum –, em vez de simplesmente a redução de emissões.

Outro legado importante foi a demonstração de que é possível estabelecer um processo envolvendo todos os participantes do mercado na busca de soluções aceitáveis para situações complexas; por exemplo, na aceitação de grandes hidrelétricas e na determinação do fator de emissão de CO_2 para geração de eletricidade conectada. Nesses casos, o processo foi capaz de definir critérios e procedimentos razoavelmente aplicáveis na prática, ainda que os prazos para essa definição tenham sido um pouco dilatados em algumas situações.

Uma dificuldade evidente no processo foi apresentada nos procedimentos de aprovação local. No caso do Brasil, o processo foi frequentemente longo e envolveu várias redundâncias, não somente em relação às demandas da Convenção do Clima, mas também no que concerne aos órgãos reguladores nacionais, demandando muitos recursos públicos e privados e, consequentemente, tornando o processo no Brasil mais oneroso que em outros países. O fato de o processo excepcionalmente ter sido muitíssimo acelerado no semestre final do primeiro período de crédito (julho a dezembro de 2012) evidenciou que é possível fazê-lo de maneira mais expedita.

Ainda no sentido de críticas em busca de melhorias, é inegável que há muito espaço para aprimoramentos. O processo é complexo e demasiadamente redundante – todo projeto passa por vários níveis de revisão; por exemplo, no Brasil, isso é realizado pela Entidade Operacional Designada, pela Autoridade Nacional Designada e pelo Secretariado da UNFCCC. Por sua vez, os procedimentos são revisados com frequência excessiva – no período 2008-2012, metodologias, ferramentas, manuais, formulários etc. foram revisados anualmente ou de maneira ainda mais frequente; as taxas de registro e emissão são absolutamente desvinculadas de preços de mercado; e algumas tipologias de projetos, ainda que muito promissoras, produziram pouquíssimos projetos – evidência das dificuldades de aplicação prática, como é o caso de transportes e eficiência energética –, para citar apenas algumas das dificuldades que merecem um olhar mais atento em possíveis desenvolvimentos do mercado.

Um exemplo de intenção que não se realizou na prática é o desejável incentivo a projetos de pequena escala, com a adoção de procedimentos simplificados e menores taxas, que, no final das contas, acabou se diluindo no custo de suposta robustez da tramitação dos procedimentos de registro e emissão. Evidência é o fato de que projetos de mesma tipologia têm essencialmente o mesmo custo e demandam o mesmo prazo, independentemente de serem de pequena ou grande escala. A própria Diretoria Executiva do MDL reconheceu indiretamente parte desses problemas, ao promover – ainda que tardiamente – a adoção de listas positivas, da adicionalidade automática e de programas de atividades.

Apesar das dificuldades, os autores têm confiança em afirmar que o aprendizado na implementação do MDL será extremamente útil para a definição de mecanismos futuros. É inegável a contribuição do mecanismo para o desenvolvimento de projetos, metodologias e procedimentos, como explicita o fato de ser a base para muitos mercados voluntários, bem como fomento e incentivo de selos e outras normas de certificação. Além disso, utiliza-se o mecanismo de forma complementar a outros certificados. Para quem trabalha no setor, não existe dúvida: as reduções certificadas de emissões do MDL são os "créditos de carbono" de maior credibilidade do mercado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros**: relatórios de referência – primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Brasília: MCT, 2006.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações. **Fatores de emissão de CO2 do Sistema Interligado Nacional do Brasil**: método da análise de despacho. Brasília: MCTIC, [s.d.]. Disponível em: <goo.gl/t34a3J>. Acesso em: 8 set. 2017.

CCEE – CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultado original dos leilões de energia elétrica**: resumo vendedor. Resultado consolidado de leilões, jun. 2016. Disponível em: https://www.ccee.org.br/>.

DEMARTY, M.; BASTIEN, J. GHG emissions from hydroelectric reservoirs in tropical and equatorial regions: review of 20 years of CH4 emission measurements. **Energy Police**, v. 39, n. 7, p. 4197-4206, jul. 2011.

ELETROBRAS – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S. A. **Plano Anual do Proinfa 2012**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011. Disponível em: https://goo.gl/tSXCFn. Acesso em: 6 maio 2012.

_____. **Plano Anual do Proinfa 2013**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. Disponível em: https://goo.gl/1KtxmH>.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Proposta para a expansão da geração eólica no Brasil**. Rio de Janeiro: EPE, 2009. (Nota Técnica PRE 01/2009-r0). Disponível em: https://goo.gl/VJS403>. Acesso em: 30 jun. 2017.

ESPARTA, A. R. J.; ATALA JUNIOR, A.; MARTINS JUNIOR, C. M. **Uma proposta de "baseline" de emissões de CO2 para o sistema elétrico brasileiro**. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE USO DE BIOMASSA PLANTADA PARA A PRODUÇÃO DE METAIS E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE, 1. Belo Horizonte, 2001.

ESPARTA, A. R. J.; MARTINS JUNIOR, C. M. Brazilian greenhouse gases emission baselines from electricity generation. *In*: RIO 02 WORLD CLIMATE AND ENERGY EVENT. Rio de Janeiro, 2002.

MEYERS, S. et al. Preliminary assessment of potential CDM early start project in Brazil. Berkeley: Berkeley National Laboratory, 2000.

NCC – NATIONAL CLIMATE COMMISSION. Guidelines on a common understanding of article 11b (6) of directive 2003/87/EC as amended by Directive 2004/101/EC. Bruxelas: NCC, 17 nov. 2008.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Acompanhamento diário da operação do SIN** (consolidação dos resultados de 1º janeiro a 31 de dezembro de 2012; planilhas fornecidas a todos os participantes geradores do SIN e gentilmente cedido aos autores pelo ONS).

SATHAYE, J. et al. Multiproject baselines for evaluation of electric power projects. Berkeley: Berkeley National Laboratory, 2002.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Executive board of the clean development mechanism**. Twenty-eighth meeting report. Alemanha: UNFCCC, 2006a. Disponível em: https://goo.gl/o17BbJ>. Acesso em: 29 jun. 2017.

_____. Draft thresholds and criteria for the eligibility of hydroelectric reservoirs as CDM projects. *In*: METH PANEL NINETEENTH MEETING REPORT. Bonn: UNFCCC, 2006b.

_____. **Glossary of CDM terms**. UNFCCC, v. 8. EB 82, anexo 12, fev. 2015. Disponível em: https://goo.gl/EFaUQm. Acesso em: 9 maio 2017.

_____. The CDM Executive Board. **Review of the Project Activity**: Santa Cruz S. A. – Açúcar e Álcool – Cogeneration Project (2211). Bonn: UNFCCC, [s.d.]. Disponível em: <goo.gl/V16k1W>. Acesso em: 22 dez. 2017.

WCD – WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and development**: a new framework decision-making – The report of the World Commission on Dams. Londres: Earthscan Publications, nov. 2000. Disponível em: <goo.gl/3X8zH1>. Acesso em: 17 jul. 2018.