**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
USP
Programa de Pós-Graduação em Energia
PPGE**

***WHITE CERTIFICATES:*
UMA PROPOSIÇÃO PARA AUMENTAR OS NÍVEIS DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

Rinaldo Caldeira

SÃO PAULO

2016

Rinaldo Caldeira

***White Certificates*: uma Proposição para Aumentar os Níveis de
Eficiência Energética no Setor Elétrico Brasileiro**

Texto apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Energia da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Doutor.

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Virginia Parente

Versão Corrigida

(versão original disponível na biblioteca do Instituto de Energia e Ambiente e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP)

SÃO PAULO

2016

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL
DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA
A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Caldeira, Rinaldo.

White Certificates: uma proposição para aumentar os níveis de eficiência energética no setor elétrico brasileiro / Rinaldo Caldeira; orientadora, Virginia Parente – São Paulo, 2016.

132 f.: il.; 30 cm

Tese (Doutorado em Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo

1. Eficiência energética. 2. Energia elétrica – aspectos financeiros I. Título.

*Dedico esta tese de doutorado ao meu pai, Gregório Caldeira Pinto,
por ter-me permitido percorrer um caminho que ele não pôde percorrer,
e pela inspiração, mesmo depois de ter-nos deixado.*

Agradecimentos

À minha esposa, Simone Balarone Ruivo Caldeira, e ao meu filho, Enzo Ruivo Caldeira, que foram compreensivos com minhas ausências durante o processo de desenvolvimento desta tese.

À Professora Virgínia Parente, por todo apoio e pelas muitas reflexões durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Arnaldo Kanashiro, Professor e colega de trabalho do Instituto de Energia e Ambiente da USP, pelo apoio prestado nos períodos em que precisei me dedicar à pesquisa.

Aos Professores Roberto Mayo e Roberto Schaeffer, e também a Gustavo Klinguelfus, da COPEL, pelas oportunidades de travar discussões técnicas que em muito colaboraram para o desenvolvimento de minhas pesquisas.

A Ana Christina Romano Mascarenhas e a Daniela de Freitas Souza, da COELBA, pela disponibilidade e empenho em fornecer informações relevantes à análise final.

Aos Professores do PPGE e todos da Secretaria de Pós-Graduação do IEE/USP – especialmente Juliana, Adriana, Júlia e Luciano –, pelo apoio, bem como à Penha, Fátima e Lourdes, por todo o suporte durante o desenvolvimento do meu doutorado no PPGE/USP.

*“Onde me procuras? Estou contigo.
[...]
Vê onde está sua fé, lá eu estou.”*

Kabir Das

Resumo

CALDEIRA, Rinaldo. ***White Certificates: uma proposição para aumentar os níveis de eficiência energética no setor elétrico brasileiro.*** Teses de Doutorado em Ciências. Programa de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2016. 129 f.

Desde os anos 1980, o governo brasileiro vem realizando ações no sentido de promover a eficiência energética, seguindo a tendência mundial de se poupar energia, enfatizada após os dois choques do petróleo. No âmbito do segmento de energia elétrica, as ações de conservação de energia levaram à criação do PROCEL, em 1985. Nessa mesma linha, nos anos 1990, foi criado o Programa de Eficiência Energética (PEE/ANEEL). Desde então, este Programa tem sido a principal fonte de investimentos em projetos de eficiência energética no Brasil. Observa-se, entretanto, que nesta segunda década do novo milênio, o Brasil ainda apresenta níveis muito baixos de redução no consumo de energia elétrica, face aos potenciais por ele exibidos. Neste contexto, esta tese tem o objetivo de propor uma sistemática alternativa ao PEE/ANEEL, de forma a incentivar uma redução mais intensa de consumo de energia elétrica, visando a aproveitar melhor os potenciais existentes e também a reduzir barreiras à implantação de medidas e/ou projetos nessa linha. Para atingir tal objetivo, este trabalho propõe a implantação no país de um sistema denominado *White Certificate*. Este tipo de sistema se baseia na criação de um mercado para a energia economizada e, sendo assim, pode gerar aumento na atratividade financeira de projetos de eficiência energética. Para tanto, o trabalho partiu da análise de projetos de eficiência energética – existentes e potenciais – para simular e mensurar o potencial de incremento na atratividade financeira desses projetos, caso existisse a possibilidade de se comercializar a energia economizada. Os resultados indicam que a sistemática proposta mostrou-se um instrumento de incentivo eficaz, capaz de gerar um incremento significativo na atratividade financeira desses projetos, contribuindo para que mais agentes se interessem em promover e perseguir a eficiência energética no país.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Atratividade Financeira; Barreiras à Eficiência Energética; *White Certificates*; PEE; ANEEL.

Abstract

CALDEIRA, Rinaldo. **White Certificates: A proposal to increase the energy efficiency levels in the Brazilian Electric Sector.** Doctoral Thesis in Science. Graduate Program in Energy from the University of São Paulo. São Paulo: USP, 2017. 129 f.

Since the 1980s, the Brazilian government has undertaken actions to promote energy efficiency, following the global trend of concern over the issue after the two oil shocks. Within the electricity sector, *electricity conservation actions* lead to the creation of PROCEL in 1985. In the same vein, in the 1990s, the Energy Efficiency Program (PEE/ANEEL) was created. Since then, this Program has been the main source of energy efficiency funds in Brazil. It is noted, however, that in this second decade of the new millennium, Brazil still presents quite low levels of reduction in power consumption compared to the potential that the country shows. In this context, this thesis aims to propose an alternative mechanism to the established PEE/ANEEL in order to encourage a more intense reduction of energy consumption. The proposed mechanism also aims at making better use of the existing potential for energy efficiency and at reducing the barriers to the implementation of measures and / or projects in this line. To achieve this goal, this work proposes the implementation in the country of a mechanism called White Certificates in which it is created a market for energy savings, in order to increase the financial attractiveness of energy efficiency projects. The research departs from the analysis of energy efficiency projects – existing and potential ones – and simulates the potential increase in financial attractiveness of these projects, if there were the possibility of trading the energy saved. The results indicate that the proposed mechanism can generate a significant increase in financial gains of these projects, attracting more agents interested in pursuing and investing in energy efficiency projects in the country.

Keywords: Energy efficiency; Financial Attractiveness; Barriers to Energy Efficiency; White Certificates; EPE; ANEEL.

Lista de Acrônimos

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ATEE	<i>Association Technique Energie e Environnement</i>
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CERT	<i>Carbon Emissions Reduction Target</i>
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Planejamento Energético
EEC	<i>Energy Efficiency Commitment</i>
EESoP	<i>Energy Efficiency Standards of Performance</i>
EPC	<i>Energy Performance Contracts</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCO	Empresa de Serviço Energético
GEE	Gases de Efeito Estufa
GME	<i>Gestore del Mercato Elettrico</i>
IEA	Agência Internacional de Energia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial
M&V	Medição e Verificação
MME	Ministério das Minas e Energia
OFGEM	<i>Office of Gas and Electricity Markets</i>
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Brasileiro para Conservação da Energia
WhC	<i>White Certificate</i>

Lista de Figuras

Figura 1 - Emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1990-2012)	16
Figura 2 - Comparação entre ações voltadas à eficiência energética	16
Figura 3 - Efeitos de medidas de eficiência energética sobre o consumo total	17
Figura 4 - Múltiplos benefícios da promoção da eficiência energética	18
Figura 5 - Equivalência entre economia de energia e <i>White Certificates</i>	24
Figura 6 - Relação entre procura e oferta de <i>White Certificates</i>	25
Figura 7 - Funcionamento do mercado de <i>White Certificates</i>	28
Figura 8 - Relacionamento das ESCOS com outros agentes do mercado	30
Figura 9 - Custos de transação	32
Figura 10 - Impacto dos custos de transação sobre o mercado de <i>WhC</i>	33
Figura 11- Organização do Setor Elétrico Brasileiro a partir de 2004	56
Figura 12 - Porcentagem efficientizada do mercado em 2014	62
Figura 13 - Preços de <i>White Certificates</i> no mercado italiano 2010-2014	74
Figura 14 - Incremento nos retornos para três níveis de preços	75
Figura 15 - Incremento para o preço de R\$ 50,00	75
Figura 16 - Viabilização dos projetos	76
Figura 17 - Incremento nos retornos (taxa 14%)	77
Figura 18 - Incremento nos retornos (preço R\$ 50,00 e taxa 14%)	78
Figura 19 - Incremento nos retornos (taxa 41%)	79
Figura 20 - Incremento nos retornos (preço R\$ 50,00 e taxa 41%)	79
Figura 21 - Tarifas para classe industrial (R\$/MWh)	83
Figura 22 - Projetos de eficiência energética industrial	84
Figura 23 - Projetos de eficiência energética industrial (detalhe)	84
Figura 24 - Potenciais de eficiência energética	87
Figura 25 - Passos para atingir um nível ideal de eficiência energética	103

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Consumo das 15 maiores distribuidoras de energia elétrica	59
Tabela 2 - Consumo base e consumo final projetado no PNEf	61
Tabela 3 - Análise dos projetos de sistemas de iluminação em hospitais	80
Tabela 4 - Análise dos projetos de autoclaves em hospitais	81
Tabela 5 - Custos dos projetos de eficiência energética na indústria por região do país	82
Tabela 6 – Custos de projetos de eficiência energética por setor e efeito dos <i>WhC's</i>	86
Tabela 7 – Sistemas de geração fotovoltaica no IEE/USP – geração de energia	88
Tabela 8 – Sistemas de geração fotovoltaica no IEE/USP – investimento	89
Tabela 9 – Custos de sistema aerogerador de 2.4 kW	89
Tabela 10 – Fluxo de caixa de projeto BIPV	90
Tabela 11 – Fluxo de caixa com venda de <i>WhC</i>	91
Tabela 12 – Impacto do sistema proposto sobre as barreiras à eficiência energética	116

Sumário

1. Introdução	14
1.1 Justificativa e relevância do tema	14
1.2 Objetivos, questão central e hipótese	19
1.3 Metodologia	20
1.4 Estrutura do trabalho	21
2. <i>White Certificates</i> : fundamentos e experiência internacional	23
2.1 Definição de <i>White Certificates</i>	23
2.2 Funcionamento do mercado de <i>White Certificates</i>	28
2.3 Agentes do mercado de <i>White Certificates</i>	29
2.4 Custos de transação em mercados de <i>White Certificates</i>	31
2.5 Experiência internacional no mercado de <i>White Certificates</i>	35
2.6 Considerações finais do Capítulo 2	50
3. Proposta de um sistema de <i>White Certificates</i> para o Setor Elétrico Brasileiro	51
3.1 Delineamento de um sistema de <i>White Certificates</i> para o Brasil	52
3.2 Síntese do sistema proposto	70
3.3 Considerações finais do Capítulo 3	71
4. Análise do sistema proposto do ponto de vista do incremento na atratividade dos projetos	73
4.1 Colocando o sistema proposto à prova	73
4.2 Simulações de <i>White Certificates</i> aplicados a projetos das distribuidoras	74
4.3 Simulações de <i>White Certificates</i> aplicados a projetos da indústria	81
4.4 Simulações de <i>White Certificates</i> aplicados à geração distribuída (FV e eólica)	87
4.5 Teste de <i>stress</i> frente a eventuais problemas da sistemática proposta	91
4.6 Considerações finais do Capítulo 4	95

5. Análise do sistema proposto do ponto de vista da redução de barreiras à eficiência energética	97
5.1 Barreiras à eficiência energética e impacto do sistema proposto	97
5.2 Síntese do efeito do sistema proposto sobre as barreiras	115
5.3 Considerações finais do Capítulo 5	116
6. Conclusão e reflexões finais	118
Referências Bibliográficas	124

Capítulo 1 - Introdução

Neste trabalho são abordados os *White Certificates*, que são instrumentos econômicos de políticas públicas voltados à eficiência energética com base na possibilidade de negociação da energia economizada. Este capítulo introdutório busca elucidar a relevância do tema proposto, bem como situar a presente pesquisa no contexto das ações de eficiência energética em âmbito nacional.

Para tanto, o capítulo conta com quatro seções. Na primeira, apresenta-se a relevância do tema da Eficiência Energética no contexto do Setor Elétrico Brasileiro, justificando assim a dedicação a tópico proposto. Na segunda seção são delineados os objetivos do trabalho, bem como são apresentadas a questão central e a hipótese investigada. Na terceira seção é abordada a metodologia utilizada na abordagem dos objetivos propostos e, na quarta seção, é exposta a estrutura capitular que ordena o presente texto final.

1.1 Justificativa e relevância do tema

O Brasil tem uma grande demanda reprimida de energia, mas os índices nacionais de perda e desperdício de eletricidade são, também, elevados (PROCEL, 2015). O total de energia elétrica desperdiçada, segundo o Programa Brasileiro para Conservação da Energia (PROCEL), chega a 40 milhões de quilowatt-hora (kWh), ou a US\$ 2,8 bilhões por ano de acordo com dados de 2015 (PROCEL, 2015).

Além de promover a substituição de insumos esgotáveis (combustíveis fósseis) e a redução da intensidade do uso de energia, qualquer política energética deve estimular a eficiência e o combate ao desperdício (PROCEL, 2015). Nessa linha, as iniciativas ligadas à eficiência energética no Brasil têm se baseado tanto em programas de eficiência para produtos, como também em programas de eficiência para usos finais de instalações. Foram criadas etiquetas e selos de eficiência energética para combustíveis,

para eletrodomésticos e lâmpadas. Ademais foram desenvolvidos programas voltados à eficiência em iluminação pública (como o RELUZ), conduzidos principalmente pelo PROCEL e INMETRO, dentre outras iniciativas.

Constata-se que o PROCEL, criado em 1985, contribuiu para uma economia de mais de 9,744 milhões de megawatts-hora (MWh) no ano de 2013, o que equivaleu a uma significativa economia de R\$ 1.052,23 milhões naquele mesmo ano. Isto corresponde ao consumo anual de aproximadamente cinco milhões de residências (PROCEL, 2015).

Em paralelo com os mencionados programas e em conjunto com o Plano Nacional de Energia (PNE), em 2011, o governo publicou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). O PNEf estabeleceu *metas de economia anual de energia e metas consolidadas de economia de energia* para 2023 e 2030. Pretende-se com tal programa obter uma economia de 6,5% até 2023 e 10,3 % até 2030, em relação aos consumos projetados dentro do PNE para estes anos, respectivamente. Ou seja, espera-se uma taxa de redução de consumo anual da ordem de 0,6%.

Outro fato que vem ganhando relevância em relação ao setor energético é que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) oriundas do setor, ultrapassaram, a partir do ano de 2012, as emissões devido a usos da terra (**Figura 1**), que historicamente sempre eram as maiores. O acionamento frequente das térmicas na matriz energética do país foi o motivo do aumento crescente de emissões a partir de então. Existe, porém, um descontrole no setor elétrico brasileiro, derivado de várias razões, dentre elas se deve destacar a incerteza quanto aos verdadeiros níveis dos reservatórios. Tal incerteza tem levado a despachos, muitas vezes desnecessários, de usinas térmicas (D'ARAÚJO, 2013).

Desta forma, ações voltadas à eficiência energética, pelo lado da demanda, são bem-vindas. De fato, a redução do consumo advinda da eficientização energética e/ou de incentivos diferenciados de preços pode reduzir os acionamentos de usinas de termoeletricas (PARENTE, 2016).

Figura 1 – Emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1990-2012), em milhões de toneladas (Tg)

Fonte: Ministério da Ciência Tecnologia e Informação, 2012.

Por outro lado, se avaliarmos as ações tomadas na direção da conservação da energia pelo governo brasileiro, observa-se da **Figura 2**, a seguir, que o Brasil, a menos no setor de transporte, se encontra perto dos níveis mínimos se comparado às outras 15 economias mais relevantes do mundo. Cabe ressaltar também que o Brasil tem uma meta de eficiência energética em eletricidade, a ser atingida em 2030, de 10% em relação ao consumo projetado para este ano.

Figura 2 – Comparação entre ações voltadas à eficiência energética

Fonte: *International Energy Efficiency Scorecard – ACEEE & American Council for Energy Efficiency Economy*, 2014.

Um dos motivos que pode explicar essa disparidade é que os países do primeiro mundo, normalmente, tratam a eficiência energética como “combustível” primário, antes de buscar alternativas de geração dentro do planejamento energético. Observa-se que grande parte das reduções de consumo de energia, obtidas nesses países são alcançadas através de ações voltadas à eficiência (**Figura 3**).

Figura 3 – Efeitos de medidas de eficiência energética sobre o consumo total para onze países selecionados

Fonte: Adaptado de *International Energy Agency – Annual Report*, 2013.

No Brasil, quando se trata de demanda de energia, a primeira ideia que surge é a de construir usinas para garantir o suprimento de longo prazo. Embora existam programas de eficiência energética, o país carece de uma política de eficiência energética mais abrangente. Segundo o PROCEL, dos 40 milhões de kWh, ou US\$ 2,8 bilhões ao ano que são desperdiçados, 22 milhões são pelas indústrias, residências e comércio e 18 milhões sob a forma de perdas técnicas nas concessionárias (PROCEL, 2015). Nesse contexto, cabe ressaltar que novas ações devem ser tomadas, de modo a explorar, de maneira mais eficiente, os potenciais nacionais de eficiência energética.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2013), ações voltadas à eficiência energética oferecem muitos benefícios (**Figura 4**). Elas contribuem, entre outras coisas, para a redução de emissões de gases de efeito estufa, para aumentar a segurança

energética, para aumentar a disponibilidade de energia, para a redução dos preços da energia, para a produtividade industrial, para aliviar a pobreza, para a saúde e o bem-estar, para a criação e manutenção de empregos, para a redução da poluição, para o gerenciamento de recursos e valorização de ativos (IEA, 2013).

Figura 4 - Múltiplos benefícios da promoção da eficiência energética

Fonte: Adaptado a partir de IEA, 2013.

A energia é um insumo prioritário dentro da cadeia produtiva e seu uso eficiente traz muitos benefícios. Tais benefícios, como a redução de gases de efeito estufa, o aumento da segurança energética e da produtividade industrial, entre outros, reiteram a necessidade de se tratar o assunto com prioridade, haja vista que muitos desses contribuem para competitividade da economia em qualquer país (IEA, 2013).

Nos Estados Unidos e, principalmente, nos países europeus, o mercado de títulos de eficiência energética vem ganhando vulto sob a denominação de Mercado de Certificados Brancos ou *White Certificates*. Países como Itália, França e Inglaterra vem adotando esse instrumento regulatório com o intuito de reforçar as ações de eficiência energética (OIKONOMOU, 2008).

Os *White Certificates* são certificados negociáveis num mercado, ou via acordos bilaterais, que representam certa quantidade de energia economizada. Os Certificados podem ser comprados ou vendidos pelos agentes que têm restrição de consumo, e podem ser vendidos pelos agentes que possuem projetos que se adequem às regras do mercado.

Tem-se observado, nos países que adotam esse sistema, que para a maioria dos casos, o alvo estabelecido para poupança de energia dentro do período estabelecido tem sido suplantado. Ou seja, os *players*, dentro desse mercado, têm incentivos para reduzir consumo além do estabelecido face aos benefícios obtidos com as negociações dos títulos.

Desta forma, pretende-se analisar a possibilidade da criação de um mercado de *White Certificates* para o Brasil e quais os benefícios que esse mercado traria, de modo a incentivar ações no sentido de poupar energia sem prejuízo do uso final, ou seja, utilizar a energia de forma mais racional.

1.2 Objetivos, questão central e hipótese.

A presente tese tem como objetivo principal propor um modelo para um mercado de *White Certificates* dentro do Setor Elétrico Brasileiro, de forma a criar um mecanismo de mercado que incentive ações no sentido do aumento dos níveis de redução de consumo de energia elétrica no Brasil.

Como objetivos secundários este trabalho pretende:

- (i) Realizar um levantamento bibliográfico de modo a identificar o estado da arte em *White Certificates* nos principais países que adotam essa sistemática;
- (ii) Analisar os mercados de energia que já se utilizam de instrumentos semelhantes, promovendo eficiência energética;
- (iii) Analisar os impactos da criação desse mercado sobre a atratividade financeira dos projetos de eficiência energética no Brasil;

- (iv) Analisar os impactos sobre a redução das barreiras à eficiência energética no país.

Ao atingir estes objetivos, espera-se responder, com a tese proposta, a seguinte questão central:

A criação de um mercado de “White Certificates ” no Setor Elétrico Brasileiro pode gerar incentivos relevantes para aumentar os níveis de economia de energia elétrica para o Brasil?

A hipótese a ser investigada é que a criação de um mercado de *White Certificates* de fato poderá gerar incentivos relevantes para aumentar os níveis de redução de consumo de energia elétrica no país.

1.3 Metodologia

Para atingir o objetivo proposto, o presente trabalho parte de uma revisão bibliográfica sobre o estado da arte referente ao tema de *White Certificates*. Tal pesquisa explora, adicionalmente, as especificidades dos sistemas de *White Certificates* de vários países visando a identificar as adaptações necessárias às distintas realidades, tendo como objetivo final a aplicação desse mecanismo respeitando-se as características do setor elétrico brasileiro.

Neste contexto, estudar-se-á, detalhadamente, os sistemas francês, italiano e britânico, estabelecidos há pelo menos dez anos na Europa, de modo a verificar o detalhamento da estruturação de um sistema desse tipo. Também serão visitados sistemas de outros países para elucidar parâmetros que forem convenientes à análise levada a cabo nesta tese.

Ademais serão analisados os levantamentos de potenciais de eficiência energética no Setor Elétrico Brasileiro, através de levantamentos realizados pela EPE.

Para alcançar uma meta de poupança de energia mais elevada e factível para o setor elétrico brasileiro, serão examinados os resultados obtidos com o Programa de

Eficiência Energética (PEE) obtidos até novembro de 2016. Ou seja, serão examinados o volume de consumo evitado ao ano com as medidas até então em vigor, e serão simulados os acréscimos esperados com o novo mecanismo.

Para a proposição de um objetivo de economia de energia superior ao atual será realizada uma análise do impacto dos dispêndios adicionais que recairão sobre as distribuidoras de eletricidade. Isso porque são essas distribuidoras as partes obrigadas para o sistema proposto por esta tese.

Serão examinados alguns projetos de eficiência energética constantes nos Relatórios de Sustentabilidade das Distribuidoras de Eletricidade, um estudo produzido pelo PROCEL/CNI e outros projetos. O intuito desta etapa é obter o valor presente líquido dos projetos e a quantidade de energia economizada relacionada aos projetos de eficiência energética.

De posse desses dados poder-se-á analisar o impacto da venda dos *White Certificates* sobre o retorno dos projetos. Para essa análise serão propostos cenários alternativos de preços.

Por fim será avaliada a eficácia da montagem do sistema no SEB, com base no incremento da atratividade de projetos e no potencial de redução de barreiras à eficiência energética.

1.4 Estrutura do trabalho

Esta tese está organizada em 6 capítulos. Neste Capítulo 1 procurou-se fornecer uma visão geral sobre o contexto a ser abordado, a relevância do tema, os objetivos, a questão central a hipótese identificada, a metodologia a ser aplicada, e as contribuições esperadas.

O conteúdo do Capítulo 2 volta-se a uma revisão bibliográfica enfatizando o funcionamento dos sistemas de *White Certificates* em três países da Europa (França, Itália e Grã-Bretanha) que já aplicam essa sistemática a mais de uma década. Nele

também estão incluídos os resultados obtidos pelo sistema para esses países até a atualidade.

O Capítulo 3 contém a proposta propriamente dita de um sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro, contemplando a definição dos vários parâmetros pertinentes a sistemática proposta. Já o Capítulo 4, por sua vez, traz as análises realizadas em torno de projetos do ponto de vista de sua atratividade financeira.

No Capítulo 5 encontram-se as análises do ponto de vista de redução das barreiras à eficiência energética. Por fim, no Capítulo 6 encontram-se as conclusões, limitações enfrentadas ao longo deste trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2. *White Certificates*: fundamentos e experiência internacional

Neste capítulo são abordadas as definições e fundamentos de um mercado de *White Certificates*, bem como a experiência internacional relacionada a esse instrumento de política energética.

2.1 Definição de *White Certificates*

Os *White Certificates* estão entre os instrumentos de políticas públicas voltados a incentivar a redução do consumo de energia através de ganhos de eficiência energética (OIKONOMOU & PATEL, 2004). A Comissão Europeia definiu, na sua Diretiva 2006/32/CE, artigo 3, os *White Certificates* como sendo:

“certificados emitidos por organismos de certificação independentes que confirmam as declarações dos agentes do mercado relativamente às economias de energia resultantes de medidas de melhoria da eficiência energética”
(PARLAMENTO EUROPEU & CONSELHO, 2006, pág. 16).

Em outras palavras, um *White Certificate* é definido tanto como um documento contábil, que prova que uma determinada quantidade de energia tem sido economizada, num determinado lugar, em determinado intervalo de tempo (PEREIRA DA COSTA, 2009). No caso de certificados de eficiência energética, a titularidade deste documento pertence inicialmente ao dono do projeto que deu origem à poupança energética, ou que detém os direitos dessas economias de energia, e só depois da averiguação, tal título pode ser negociado de acordo com as regras do mercado, caso esse mercado exista (BERTOLDI, 2006).

Os *White Certificates* (*WhC's*) devem ter a forma de registro eletrônico numa base de dados centralizada, especificando um número único, o nome do emissor do certificado,

a identificação do projeto e o seu proprietário, bem como o tempo de vida, ou seja, o período em que ocorrerá a economia de energia. Deverão ser incluídas também informações sobre os meios de medição e verificação da poupança energética possível de ser realizada (VOOGT *et al.*, 2006).

Adicionalmente, observa-se que um sistema de *White Certificates* é construído a partir de um conjunto de etapas fundamentais, ainda que haja uma variedade de formas para colocar tal sistema em funcionamento. Segundo Capozza (2006), a partir de uma perspectiva global, a descrição de um sistema de *WhC's* engloba três etapas fundamentais, descritas a seguir.

A primeira etapa diz respeito à definição do órgão público (que no caso do Brasil, poderá ser, por exemplo o MME, a ANEEL, ou CCEE). Tal órgão deverá estabelecer os princípios básicos e implantar os mecanismos normativos relativos aos *WhC's*.

Já a segunda etapa para implantar um sistema de *WhC's* relaciona-se com a tradução das poupanças de energia em *WhC's*. Em outras palavras, isso significa o estabelecimento de uma correspondência entre o *WhC's* e a energia economizada, já que o título é um instrumento financeiro e a quantidade de energia economizada é uma grandeza física obtida por medição durante um período definido. Por conseguinte, é necessário indicar a quantidade de equivalência entre a unidade de poupança de energia e o volume proporcional volume de *WhC's* (Figura 5).

Figura 5 – Equivalência entre economia de energia e *WhC's*
 Fonte: PEREIRA DA COSTA, 2009.

Na terceira e última etapa, deve-se considerar a definição das regras de negociação tanto para o mercado de *WhC's* como um todo, quanto para as transações bilaterais (Figura 6). Os agentes obrigados a atingir metas de eficiência energética se posicionam do lado da demanda por *WhC's*, enquanto os agentes elegíveis atuam do lado da oferta.

Figura 6 – Relação entre procura e oferta de *WhC's*
 Fonte: PEREIRA DA COSTA, 2009.

Dessa forma, a procura e a oferta de *WhC's* são facilmente conciliadas, uma vez que os compradores (normalmente os agentes obrigados) necessitam de títulos (ou certificados) para atingir os seus objetivos de eficiência energética. Do outro lado, em contrapartida, os vendedores possuem *WhC's* em excesso, porque são agentes elegíveis (sem obrigações) ou, mesmo no caso de serem agentes obrigados, eles já obtiveram certificados superiores aos seus objetivos.

Os *WhC's* podem ser criados a partir de projetos de que resultem poupanças energéticas, ou por agentes de mercado obrigados ou Empresas de Serviços Energéticos (*ESCO's*) (LABANCA, 2007). O agente de mercado recebe os certificados da poupança de energia alcançada, que podem ser utilizados para a própria meta a cumprir, ou podem ser vendidos a (outras) partes obrigadas (VOOGT *et al.*, 2006). Salienta-se que um esquema de *WhC's* não implica necessariamente na possibilidade de comercialização (LABANCA, 2007).

Se os agentes de mercado obrigados não conseguirem apresentar os *WhC's* das suas obrigações, ficam sujeitos ao pagamento de multas. É importante notar que as multas deverão ser superiores aos custos marginais da poupança da energia, a fim de estimular a atenção à responsabilidade de cumprir as metas individuais (NEIJ & MUNDACA, 2007).

A opção de “empréstimo” por não-conformidade também poderá ser realizada. Isto é, se um agente obrigado não cumpre a sua meta, compromete-se a atingir uma meta superior no próximo período de cumprimento (NEIJ & MUNDACA, 2007).

Cabe ressaltar que na primeira etapa do processo de criação do mercado de *White Certificates*, o órgão público deve definir os seguintes tópicos (CAPOZZA, 2006):

- (i) As *metas de poupanças de energia*, a serem alcançadas pelo país. Podem ser metas anuais ou acumuladas ao longo do tempo. O termo de referência da poupança pode ser expresso em energia primária ou final.
- (ii) Os *vetores de energia*, sobre os quais as economias de energia serão obtidas (por ex.: eletricidade, gás natural, petróleo).
- (iii) Os *agentes obrigados*, que são os operadores obrigados por lei a possuírem *White Certificates* para permitir a realização dos seus objetivos. Eles podem ser os produtores de energia, os distribuidores de energia, os comercializadores, os fornecedores de energia ou de combustível e os próprios consumidores.
- (iv) Os *projetos elegíveis* que, por terem as características exigidas, são oficialmente reconhecidos como aqueles capazes de produzir economias de energia relevantes.
- (v) Os *agentes elegíveis*, que são aqueles acreditados para desenvolver eficazmente os projetos elegíveis e, por conseguinte obter *WhC's*. Estes podem ser os agentes obrigados, os agentes não obrigados, as Empresas de Serviços Energéticos (*ESCO's*) e outras entidades comerciais ou empresariais que implementam projetos de eficiência energética, os consumidores, os intermediários de mercado (por exemplo os corretores de títulos de energia) ou, ainda, qualquer agente econômico com ou sem obrigação que deseje investir em tais títulos com o intuito de aumentar a liquidez pelos *WhC's*.
- (vi) A *atribuição dos critérios dos objetivos de redução de consumo de energia*, sobre os agentes obrigados.
- (vii) O *regime de não cumprimento*, isto é, o que fazer quando as metas não são cumpridas. Ou seja, o sistema de punição ou multas.

O desenvolvimento de um mercado para a eficiência energética é objetivo complexo devido a diversos fatores. Sendo assim, outros autores, como Voogt *et al.* (2006), reafirmam e complementam a visão de Cappelletti (2006), alertando que para a criação de um sistema de *WhC's*, deve-se, seguir metodicamente os seguintes passos:

- (i) Definir um organismo independente, a ser responsável pela emissão dos certificados;
- (ii) Fornecer uma definição clara de um *WhC's* em termos de elegibilidade de recursos, validade, volume;
- (iii) Formular os princípios do sistema, como mercado, agentes, conformidade;
- (iv) Estabelecer um sistema de registro, em que cada *WhC* e cada agente são identificados;
- (v) Estabelecer um sistema de medição e verificação;
- (vi) Formular regras claras para o cumprimento e, no caso de um sistema obrigatório, fixar sanções automáticas por não cumprimento;
- (vii) Registrar cada *WhC* que chegou ao fim da vida, isto é, retirá-lo do sistema.

Ainda há que se ressaltar que o mercado de *WhC's* pode ser de adesão obrigatória ou voluntária. No caso da experiência europeia, observou-se que os *WhC's* foram utilizados em conjunto com um esquema de obrigações (LABANCA, 2007). Já nos Estados Unidos, em regime de mercado voluntário (BERTOLDI, 2006).

Vale assinalar, também, como observa Labanca (2007), que a finalidade de um sistema baseado em *White Certificates* não é a de substituir as políticas e medidas já existentes, mas a de complementá-las, ou seja, não se devem abandonar outras medidas que também são necessárias para promoção da eficiência energética (como programas de etiquetagem, por exemplo). Estas medidas devem coexistir com o mercado de *White Certificates*.

2.2 Funcionamento do mercado de *White Certificates*

A negociação dos *WhC's* pode ser realizada através de um mercado de curto prazo e/ou através de acordos bilaterais. Além dessas duas modalidades de negociação mais comuns, entretanto, existem outras. A *banca*, que é uma delas, é a possibilidade de manter e utilizar, no futuro, os *WhC's* adquiridos para além dos objetivos. Já o *empréstimo*, que é outra modalidade de negociação possível, refere-se à emissão de um montante de *WhC's* antes da execução do projeto a que esse montante se refere (CAPOZZA, 2006).

Já nos mercados de créditos de carbono, existem mecanismos nos quais são emitidos certificados, invocando “méritos” de cumprimento de metas passadas, sendo que tais mecanismos são também passíveis de serem aplicados em mercados de *WhC's*. (OIKONOMOU, 2005). A **Figura 7** sintetiza a dinâmica envolvida no funcionamento dos mercados de *WhC's*.

Figura 7 – Funcionamento do mercado de *White Certificates*

Fonte: Elaborado a partir de OIKONOMOU, 2005.

Observa-se, ainda, que no caso de haver um mercado em funcionamento, ou seja, de as transações não se limitarem apenas a contratos bilaterais, relatórios contendo: (i) a frequência de operações; (ii) os volumes negociados; (iii) os participantes do mercado, entre outros detalhes, serão necessários.

De acordo com Oikonomou (2005), deve-se cuidar, ademais, de produzir um banco de dados para futuras análises estatísticas, de modo a propiciar, a qualquer interessado, amplos conhecimentos a respeito do mercado. A transparência que atrai investidores e gera liquidez é um fator importante em qualquer mercado.

2.3 Agentes do mercado de *White Certificates*

Normalmente, nos mercados mais maduros, os principais agentes do mercado são as *Distribuidoras de Energia* e as *ESCO's*. As *Distribuidoras*, de modo geral, são os agentes obrigados, e as *ESCO's* entram como agentes elegíveis.

As *Distribuidoras* têm atribuição de promover projetos de eficiência energética junto aos seus consumidores, já que conhecem de maneira aprofundada o perfil de consumo deles. Quando não conseguem fazer os projetos, em número suficiente, junto aos seus consumidores, ou quando for mais barato comprar projetos prontos disponíveis no mercado, as distribuidoras compram projetos para atingir suas metas de eficiência energética, e pode fazer isso adquirindo-os das *ESCO's*.

As *ESCO's*, por sua vez, atuam especificamente no desenvolvimento de projetos de eficiência energética. Podem atuar também por regime de receitas compartilhadas, ou seja, obter uma receita com a economia de energia que é partilhada entre contratante e contratado. Ou, ainda, por regime de receitas garantidas, como no caso de o contratado receber valor fixo estipulado, que estabelecido através dos *Energy Performance Contracts* (EPC). Desta forma, as *ESCO's*, são agentes aptos a realizar os projetos de eficiência de forma adequada. A **Figura 8** explicita a relação de uma *ESCO* com os consumidores e agentes financeiros.

Figura 8 – Relacionamento das ESCOS com outros agentes do mercado

Fonte: Elaborado a partir de OIKONOMOU, 2005

As *ESCO's*, normalmente, fazem avaliações preliminares nas plantas dos clientes e identificam oportunidades de efficientização energética. Os resultados são apresentados aos clientes em reuniões preliminares à implantação do projeto. Se o cliente decidir fazer o projeto, a *ESCO* busca recursos financeiros no mercado e cuida da implantação do projeto. Com o projeto implantado, parte da redução da conta de energia vai para *ESCO*, como pagamento pelo serviço prestado em certo período de tempo pré-acordado com o cliente.

Desta forma, esses dois agentes, *ESCO's* e *Distribuidoras*, são capazes de estabelecer a base de um mercado de *WhC's*. As *Distribuidoras* demandando projetos de eficiência energética e, também, realizando-os, e as *ESCO's* atuando na identificação de potenciais junto aos clientes e também provendo oferta de *WhC's*.

Embora se identifique em mercados mais maduros que esses dois agentes são os principais, nada impede que um grande consumidor resolva, por si só, investir num projeto de eficiência energética e vendê-lo sob a forma de *WhC's*. Ou ainda que se formem *pools* de pequenos consumidores num projeto maior e tais consumidores decidam realizar o projeto e vendê-lo por conta própria.

Normalmente, conforme visto, na estruturação de um mercado desse tipo, se definem as bases, as partes obrigadas (que tem metas a cumprir) e os agentes que são candidatos a partes elegíveis (que podem realizar os projetos para ofertar). Ademais, do lado das partes elegíveis, abre-se um leque maior de possibilidade de tipos de agentes.

2.4 Custos de transação relacionados ao mercado de *White Certificates*

Para o desenvolvimento do mercado de *White Certificates*, a avaliação dos custos de transação é de grande importância, pois é um fator que pode inviabilizá-lo. Se os custos de transação, somados aos demais custos, forem maiores do que as receitas que podem ser obtidas com a venda dos *WhC's*, o incentivo esperado para realização de um projeto de eficiência energética pode não acontecer. Isso é o que pode ser concluído quando aplicada a teoria de COASE (1960), sobre custos de transação. Dessa forma, a oferta de *WhC's* pode ser muito baixa, não atendendo a demanda exigida a um preço que seja considerado vantajoso para os *players* desse mercado.

Note-se que um custo de transação é qualquer custo não envolvido na produção de bens ou serviços, mas que é essencial ao comércio desses bens ou serviços (COASE, 1960). No que diz respeito ao mercado de *WhC's*, segundo Alves (2014), esses custos podem advir de várias fontes como: auditorias energéticas, pesquisa e avaliação de informações, *marketing*, desenvolvimento de metodologias de monitorização, etc. **(Figura 9).**

Figura 9 – Custos de Transação

Fonte: Alves, 2014.

É possível se perceber, facilmente, que se esses custos forem muito altos face aos valores aos quais se consegue vender os *WhC's*, os projetos podem não se tornar viáveis. Assim, há que se cuidar para que não haja custos ocultos, ou seja, custos que existem, mas que não estão sendo levados em conta nos cálculos finais.

A presença de custos ocultos no projeto pode levar a resultados insatisfatórios, pois mesmo a receita obtida com a venda dos *WhC's* pode não resultar em retorno vantajoso. Essa questão é levantada porque a natureza dos *custos de transação*, que, conforme mencionado, não são custos que estão diretamente ligados ao processo de compra e venda, pode dar margem a tal tipo de erro de avaliação do projeto de eficiência energética.

É comum, entretanto, a prática de não se levar em conta determinados custos associados a projetos. Dentre esses os mais comumente negligenciados dizem respeito a custos: (i) de deslocamento; (ii) de homens-hora para avaliação realizada fora do horário normal

de expediente, entre outros. Desta forma, um rateio dos custos totais envolvidos se faz muito importante (GILINGHAM, 2009).

Os custos de transação estão presentes em todos os mercados, conforme salientou Coase ainda na década de 1960. No caso dos mercados de *WhC's*, o custo marginal de projetos de eficiência energética – para os demandantes e para os ofertantes – varia de forma oposta (**Figura 10**).

Figura 10 – Impacto dos Custos de Transação sobre o mercado de *WhC's*
 Fonte: Mundaca, 2007.

Na Figura 10 – na qual TWC significa *Tradable White Certificates*, TC significa *Transaction Costs*, e MgC, *Marginal Costs* – observa-se que o custo marginal dos ofertantes pode ser negativo para determinadas quantidade de *WhC's* vendidos, o que nesse caso inviabilizaria o mercado.

Observa-se também que o ponto de equilíbrio muda com a presença dos custos de transação. A presença dos custos de transação gera um deslocamento na curva de oferta, já que esse custo incide sobre os ofertantes de *WhC's* para o mercado.

Na Grã-Bretanha, dados primários obtidos junto às partes obrigadas, por via de questionário e entrevistas, indicaram que os maiores custos de transação estão relacionados à pesquisa de informações, persuasão de clientes e negociação com agentes para implementação de medidas de verificação (MUNDACA, 2007). Nessa mesma pesquisa destaca-se que em casos específicos de projetos de efficientização em iluminação e isolamento térmica, os custos de transação chegam a representar 10 a 30% do custo total de investimento no projeto de eficiência. Mundaca (2007) concluiu que, mesmo na presença desses altos custos de transação, o aumento de eficiência energética, obtido devido à existência dos certificados de eficiência energética, proporcionou benefícios financeiros líquidos, no caso da Grã-Bretanha.

Além de Mundaca, vários autores destacam a importância dos custos de transação relacionados à negociação de *WhC's*. Dentre eles, Meyers & Kromer (2008) argumentam que, em geral, os projetos de eficiência energética são realizados em várias pequenas instalações e essa desagregação gera um alto custo de transação por unidade de recurso. Os mesmos ainda argumentam sobre a incerteza associada às medições da eficácia dos projetos.

Alguns custos de transação, porém, podem ser dimensionados de forma mais exata como, por exemplo, os custos relacionados aos sistemas de medição. O próprio Protocolo Internacional de Medição e Verificação (PIMVP) estabelece que os custos com o sistema de medição não deve ultrapassar 10% dos custos totais do projeto (PIMVP, 2012), sendo que estima-se que em mercados de *White Certificates* maduros esses custos se situam entre 3 a 5 % dos custos totais do projeto (informação verbal)¹.

Uma solução interessante, encontrada pela Austrália para levar em consideração os custos de transação, foi a de adicionar 0,8 à taxa de desconto para projetos que historicamente apresentam incertezas, relacionadas aos ganhos de eficiência energética (RAP, 2012).

¹ Informação recebida do Professor Agenor Gomes Pinto da COPPE/UFRJ durante XIII COBEE, em São Paulo.

2.5 Experiência internacional no mercado de *White Certificates*

O primeiro sistema internacional com a característica de transação de títulos envolvendo eficiência energética se deu na Austrália, em *New South Wales*, em 2003. Era um sistema envolvendo transações de créditos de carbono, mas atrelado à eficiência energética no uso final da energia (CROSSLEY, 2008).

Na Europa existem diversos países que adotam essa sistemática sendo que existe uma quantidade relevante de países que estão estudando a possibilidade da implementação desse tipo de sistema. Entre os que já têm o sistema em funcionamento destacam-se França, Itália e Grã-Bretanha e, entre os que estão estudando, Holanda, Dinamarca, Finlândia e Suécia (BERTOLDI & REZESSY, 2008).

Nos Estados Unidos existem alguns estados que desenvolveram sistemas com adesão voluntária aos *White Certificates*, entendidos como uma ferramenta a mais na promoção da eficiência energética. A seguir, delinear-se-á, resumidamente, o funcionamento desse sistema para a França, Grã-Bretanha e Itália, que são países que adotam essa sistemática há mais de dez anos.

2.5.1 Sistema francês

No caso do sistema francês, a *Agence de L'Environnement et de la Maitrise de l'Energie* (ADEME) faz uma análise a cada três anos e produz um relatório discriminando todas as transações efetuadas no período (MEDREG, 2010). O ministério da energia define as obrigações, aloca os certificados e controla os projetos.

A plataforma de negociação fica a cargo da *Association Technique Energie e Environnement* (ATEE), que também é responsável por sugestões de ações *standard* ao Ministério da Energia (CERA, 2012). A unidade de medida no sistema francês é o GWh cumac, que representa os GWh economizados de energia final, acumulados e atualizados durante a vida útil de um conjunto de equipamentos convencionais, corrigidos por um coeficiente de atualização anual de 4% (CERA apud COSTA, 2006). Os *White Certificates* franceses têm validade mínima de 10 anos e só passam a existir após a realização das ações.

No que diz respeito aos agentes com obrigações, a obrigatoriedade de poupanças energéticas era distribuída entre eles, de acordo com a seguinte ponderação: 75% do valor das vendas de 2004 nos mercados residencial e terciário e 25% da média dos preços da energia em 2003-2005 (MEDREG, 2010). Os *White Certificates* transacionáveis podem ser emitidos por três tipos de atores: fornecedores de energia com obrigações; associações/instituições públicas (do estado, regiões, departamento, etc.); agentes sem obrigações, desde que o fornecimento de eficiência energética não seja a atividade principal de negócio (OIKONOMOU, 2010).

Deste modo, as ESCOs foram excluídas com a finalidade de estimular os fornecedores de energia a desenvolver programas de encorajamento de práticas de eficiência energética por parte dos consumidores. Todavia, os fornecedores de energia podem subcontratar ESCOs para efetuar projetos de eficiência energética em seu benefício (MEDREG, 2010).

As medidas de poupanças energéticas elegíveis envolvem todos os setores de atividade e todos os tipos de combustíveis, desde que não estejam integrados no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). Os agentes com obrigações têm liberdade de escolha em relação à forma como vão alcançar as suas poupanças energéticas, em termos de tipo de energia, segmento de consumo, tecnologia e medidas (OIKONOMOU, 2010).

As poupanças energéticas podem ser atingidas por intermédio de medidas *standards* pré-definidas ou por outras operações. No esquema francês de *White Certificates* foram introduzidas ações *standards* com objetivos de poupanças energéticas pré-determinados,

incidentes nos setores residencial, terciário, de transportes, industrial, de aquecimento, de climatização e de iluminação pública (MEDREG, 2010).

Em termos de M&V, são utilizadas metodologias padronizadas para calcular as poupanças energéticas. Estas metodologias baseiam-se em procedimentos simples, diretos e fáceis de utilizar. A avaliação padronizada das poupanças energéticas é estabelecida para cada ação e expressa em kWh de energia final, acumulados durante a vida útil do equipamento. Estes procedimentos resultam da avaliação técnica das poupanças (MEDREG, 2010).

Os *White Certificates* só podem ser transacionados por contratos bilaterais, sendo permitido o recurso de depósito. Em relação ao financiamento, os custos dos *White Certificates* são suportados pelos usuários finais através das suas tarifas energéticas. O aumento das tarifas não deve exceder 0,5% das suas faturas de energia elétrica (OIKONOMOU, 2010).

A penalização para os agentes com obrigações, que não atinjam a totalidade das suas obrigações no final de um período de três anos, está estipulada em 20€/MWh (0,02€/kWh). A este propósito, destaca-se que o montante das penalizações é transferido para o orçamento global do governo francês. Quando a penalização é paga, o *déficit* é cancelado. Nos períodos seguintes a penalização irá duplicar se os agentes com obrigações não conseguirem provar que não havia possibilidade alguma de obter *White Certificates* (MEDREG, 2010).

Embora não exista informação sobre os encargos financeiros relativos à administração do esquema de *White Certificates* transacionáveis, Mundaca e Neij (2009) estimam que estes representem uma fatia considerável do orçamento da entidade reguladora. Os mesmos autores estimam que o esquema francês de *White Certificates* exija uma equipe de 15 a 20 membros no desenvolvimento, implantação e cumprimento do esquema.

Ressalta-se que o objetivo de poupanças energéticas dos três primeiros anos (54 TWh) foi ultrapassado em 20%, sendo atingido 65 TWh (GIRAUDET *et. al*, 2011). Ele determina o custo de megawatt-hora do esquema de *White Certificates* transacionáveis entre 2006 e 2009, que foi 0,037€/kWh. Este custo foi inferior aos preços de energia na

França, nesse período. Tal fato confirma a eficácia do ponto de vista de custo-benefício deste instrumento.

2.5.2 Sistema italiano

Na Itália, o governo estipula os objetivos de poupanças energéticas, determina quais os agentes com obrigações e quais os elegíveis, estabelece algumas regras de M&V e alguns mecanismos de execução das mesmas (critérios de penalização) e dispõe acerca dos princípios gerais relativos ao sistema de recuperação de custos. Além disso, o governo ainda determina as responsabilidades na definição da implementação da regulamentação, na administração do esquema e na monitoração dos resultados.

Por sua vez, a agência reguladora implanta o esquema e estabelece as regras técnicas para o *design* do projeto, a avaliação, a emissão dos certificados, a avaliação dos projetos, a certificação das poupanças energéticas, para confirmar o cumprimento anual dos objetivos e para o funcionamento do mercado (em conjunto com o operador do mercado de eletricidade, *Gestore del Mercato Elettrico* – GME, que gere o mercado *spot* de certificados). O operador também tem a incumbência de determinar os critérios e regras do sistema de recuperação de custos e a definição de penalizações para os agentes que não cumprirem as metas.

O esquema de certificados Italiano foi implementado em janeiro de 2005. Para Mundaca e Neij (2009), o “atraso na implementação” do esquema de certificados italiano teve por causa, essencialmente, as discussões, negociações e acordos ao nível das ambições dos objetivos de poupanças energéticas, na alocação das obrigações de poupanças pelos agentes de mercado, no desenvolvimento de abordagens de M&V e na definição e existência de mecanismos de recuperação de custos.

Com base nos resultados alcançados durante a implementação do esquema e de alguns assuntos críticos que emergiram, em dezembro de 2007, algumas premissas do mecanismo foram atualizadas.

O esquema de certificados italiano, no qual os mesmos são designados por *Titoli di Efficienza Energetica*, tem como foco principal as poupanças e a eficiência energética como um fim. Não são explicitados objetivos concernentes à redução de emissões de gases de efeito estufa (Mundaca & Neij, 2009), porém o foco na energia primária acarreta redução nas emissões destes e diminuição da dependência energética do exterior.

A unidade da obrigação é a tonelada equivalente de petróleo (tep), sendo que cada certificado corresponde a 1 tep de poupanças energéticas (PAVAN, 2008). A obrigação de poupanças energéticas (componente de comando e controle do sistema) foi introduzida com a implementação da 1ª diretiva europeia acerca da liberalização dos mercados de eletricidade e gás natural, sob a forma de obrigações de serviço público das empresas de distribuição (PAVAN, 2008).

Em 2005, primeiro ano de vigência do sistema, o objetivo global de poupanças energéticas foi de 155.911 tep. O total de certificados emitidos no mesmo ano correspondeu a uma eficácia de poupanças energéticas de 184% (286.837tep) (MUNDACA & NEIJ, 2009).

O objetivo global de poupanças energéticas inerentes ao programa, de 200.000 tep, não estava totalmente repartido pelos agentes com obrigações, os distribuidores de eletricidade e gás natural, pois inicialmente o limiar de entrada para que fossem atribuídas obrigações de poupanças energéticas mínimas legais era de 100.000 clientes, registrados em 31 de dezembro de 2001 (MUNDACA & NEIJ, 2009; MUNDACA *et al.*, 2008; PAVAN, 2008).

Mundaca e Neij (2009) afirmam, com base em cálculos efetuados, que o objetivo global de poupanças energéticas, definido para 2005, foi baixo. Concretamente o objetivo representava 0,3% do total de consumo de eletricidade e gás natural nos setores elegíveis, além do que, mais de 60% das poupanças energéticas convertidas em certificados para o cumprimento do objetivo já haviam sido realizadas antes do início do sistema (MUNDACA *et al.*, 2008).

Os certificados para projetos elegíveis são emitidos uma vez por ano num período de 5 anos, ou de 8 anos, para determinados tipos de medidas (OIKONOMOU, 2010). As obrigações de poupanças energéticas incidem sobre os distribuidores com mais de 50.000 clientes finais. Anualmente, os objetivos são alocados entre os distribuidores elegíveis, tendo por base a quantidade de eletricidade e gás fornecidos aos clientes finais, comparativamente com o total nacional em t-2 (PAVAN, 2008).

Os agentes com obrigações, isto é, distribuidores de eletricidade e gás natural, opuseram-se fortemente à implementação da obrigação de poupanças energéticas, alegando que o seu *core business* estava “distante dos setores de consumo final elegíveis” e, como tal não tinham condições para implementar as medidas necessárias para fazer cumprir as metas estabelecidas. Desde o início, mantém-se a discussão sobre quais serão os agentes que devem assumir as obrigações de poupanças energéticas: distribuidores ou comercializadores (MUNDACA & NEIJ, 2009).

Em termos de mercado, um aspeto muito relevante neste esquema de *WhC's* transacionáveis é a participação das *ESCO's*, empresas que submetem projetos reguladores de eficiência energética, “se os seus objetivos incluírem o aprovisionamento de serviços integrados para a realização e subsequente possível gestão de medidas de poupança energética” (MUNDACA & NEIJ, 2009). Todavia, o conceito de *ESCO*, para efeitos da atuação no esquema em questão, pode também incluir, para além dos prestadores de serviços energéticos, os fornecedores e instaladores de equipamentos de eficiência energética que, na Itália, eram mais de 550 em maio de 2006 (MUNDACA & NEIJ, 2009).

Em 2005, 65% dos *WhC's* emitidos o foram devido a projetos de eficiência energética implementados por *ESCO's* (Mundaca & Neij, 2009; Pavan, 2008). Desde de 2008, tanto os agentes com obrigações como as *ESCO's* podem utilizar o sistema de certificados. Alguns consumidores industriais e não industriais também podem fazer uso desse sistema (MEDREG, 2010). Salienta-se que as empresas independentes têm sido muito ativas na criação de certificados, tendo permissão para vendê-los em mercado aberto ou diretamente aos agentes com obrigações.

Os projetos e medidas elegíveis abrangem todos os setores de utilização final de energia natural. Os projetos não são sujeitos à aprovação antes da sua implementação, contudo os agentes que os estão desenvolvendo podem requerer uma confirmação *ex-ante* da elegibilidade do projeto em questão (MEDREG, 2010).

Até o ano de 2007, inclusive, existia uma limitação. Pelo menos metade das poupanças energéticas alcançadas deveria ocorrer através da redução da utilização final de eletricidade e gás natural, dentro do setor de atividade em que cada agente com obrigações operava (PAVAN, 2008).

A elegibilidade das poupanças energéticas obtém-se quando estas vão para além das tendências de mercado e dos requisitos legais. De modo a garantir a adicionalidade das poupanças energéticas ao longo do tempo, a tendência de *business-as-usual* tem que ser ajustada com o tempo, de acordo com os desenvolvimentos técnicos e do próprio mercado (PAVAN, 2008).

O sistema de certificados italiano emprega três abordagens distintas de avaliação de M&V. Todos os planos de monitoração têm que ser submetidos à aprovação da agência reguladora (*Autorità per l'Energia Elétrica il Gas e il sistema hídrico*, AEEG) e têm que estar em conformidade com os critérios pré-determinados (*e.g.* critério de escolha da medição tecnológica). Releva-se que a grande maioria dos projetos submetidos têm sido avaliados pela abordagem de estimativas de poupanças energéticas. Esta abordagem de M&V inclui fatores *standard* para minimizar o efeito *free riding*, entre outros (OIKONOMOU, 2010; PAVAN, 2008).

A gestão e a organização do mercado *spot* estão a cargo do operador de mercado da eletricidade – GEM (*Gestore del Mercato Elettrico*) – de acordo com as regras e critérios aprovados pelo regulador. O GME procede ao registro e emissão de certificados sob requisito específico do regulador, organiza as seções de mercado e lista os contratos bilaterais de balcão (*Over the Counter*, OTC), também em conformidade com as regras estabelecidas pelo regulador. Neste sistema não é necessária uma autorização para permitir a transação, podendo esta ocorrer via contrato bilateral ou no mercado *spot* (MEDREG, 2010).

Para aumentar a transparência nas transações de OTC, a AEEG, em dezembro de 2007, determinou que os agentes com obrigações comuniquem os preços de cada transação efetuada, além de informar ao regulador as principais informações dessas mesmas transações (*e.g.* volume transacionado, critério para formação e atualização do preço em caso de contratos multianuais) (PAVAN, 2008).

No que concerne ao financiamento, o sistema italiano estabelece um mecanismo de recuperação de custos para os distribuidores de eletricidade e gás natural, sujeitos a obrigações. As *utilities* também recebem a contribuição quando implantam projetos ou medidas de eficiência energética em consumidores de outros agentes de mercado (distribuidores concorrentes) (MEDREG, 2010).

Para qualquer caso, a recuperação de custos é permitida para projetos de poupanças energéticas, desde que os agentes com obrigações alcancem os objetivos com que se comprometeram. Salienta-se, no entanto, que um distribuidor não recebe a contribuição por medidas implementadas se vender ou depositar os certificados associados a essas poupanças (MEDREG, 2010).

Até o ano de 2008, o sistema italiano tinha sido financiado pelas tarifas de eletricidade e gás em 100€/tep de consumo de energia evitada. Em 2009, o valor da contribuição diminuiu para os 88,92€/tep. As receitas oriundas desta contribuição foram reunidas num fundo e repartidas pelo regulador aos distribuidores (MEDREG, 2010).

A AEEG tem a seu cargo a gestão do sistema de penalizações, baseado no critério geral estipulado pelo governo italiano. As penalidades têm que ser proporcionais e, para qualquer caso, superiores aos investimentos necessários para compensar o não cumprimento. Mas, na realidade, ainda não havia sido aplicada qualquer penalização.

Em alguns casos é permitido que os distribuidores compensem os seus déficits de um ano no decorrer dos dois anos seguintes, sem que sejam sujeitos a penalizações. Nestes casos, o desempenho dos distribuidores é avaliado segundo a disponibilidade de certificados no mercado durante o ano de cumprimento, sendo expressa sob a forma de uma razão entre os certificados emitidos e o total de obrigações dos agentes obrigados no ano de referência.

Assim, se um distribuidor alcançar uma percentagem das suas obrigações igual à referida razão, lhe é permitido compensar o *déficit* sem que lhe seja imposta uma penalização (MEDREG, 2010).

Mundaca e Neij (2009) estimam que encargos administrativos do sistema italiano apresentem um peso significativo no orçamento da entidade reguladora (*e.g.* abrangência de vários setores e M&V *ex-post*). Não obstante, os mesmos autores afirmam que o sistema italiano é um sistema custo-eficaz. Eles chegam a essa conclusão através de uma estimativa do custo-eficácia do sistema para os consumidores, baseada nos preços e volumes de transações dos certificados, embora com algumas reservas derivadas da ausência de informação estatística.

Para Pavan (2008) o sistema italiano funcionou “francamente bem”, uma vez que as metas anuais foram superadas. Para isso contribuiu definitivamente a possibilidade de transação dos certificados. Outro aspecto importante de salientar é que os resultados positivos deste sistema mostraram-se muito encorajadores, tanto devido à complexidade quanto pelo fato de serem pioneiros.

2.5.3 Sistema bretão

Alguns autores localizam geograficamente o esquema como sendo do Reino Unido, por exemplo Oikonomou *et al.* (2007), todavia este só vigora na Grã-Bretanha (Inglaterra, País de Gales e Escócia), não incluindo a Irlanda do Norte (MUNDACA, 2007). O sistema da Grã-Bretanha não é um mecanismo baseado em certificados. No entanto, permite a transação de obrigações de poupanças energéticas, e de poupanças energéticas quando as obrigações sejam satisfeitas. Por este motivo, a literatura trata-o como um sistema de certificados transacionáveis (MUNDACA & NEIJ, 2009).

Outra diferença desse sistema é que ele agrega metas de redução de gases de efeito estufa (GEE). Embora este trabalho tenha o enfoque de estudar um esquema de certificados transacionáveis isoladamente, isto é, sem a implantação conjunta com um esquema de redução de emissões, a análise do sistema em questão permite examinar e comparar algumas características relativamente aos sistemas italiano e francês.

O *Energy Efficiency Commitment* (EEC), atualmente designado por *Carbon Emissions Reduction Target* (CERT) faz parte de um portfólio de instrumentos de políticas de promoção de eficiência energética, que inclui acordos voluntários, campanhas de informação, *standards* de produtos e etiquetagem de edifícios e subsídios, de forma a aumentar a consciência e a predisposição dos consumidores finais para com os investimentos de eficiência energética, fatores de extrema relevância para que os agentes obrigados consigam atingir as metas com as quais estão comprometidos.

Não obstante as dificuldades na estruturação e implementação deste esquema, não foram registrados atrasos na implementação do EEC1. Isto se deve a fatores como o forte compromisso político de emissões de GEE e de aumento da eficiência energética; a avaliação *ex-ante* do impacto do esquema de *WhC's*; a consulta extensiva entre os agentes antes da implementação do esquema; a aprendizagem com a experiência proporcionada pelo esquema anterior (*Energy Efficiency Standards of Performance – EESoP*); a cobertura limitada do EEC (apenas setor residencial); o fato de este esquema também apoiar o programa *Fuel Poverty Strategy*, que atua essencialmente no grupo de consumidores prioritários do EEC (MUNDACA & NEIJ, 2009).

A obrigação dos comercializadores de eletricidade e gás está atualmente na sua terceira fase, sendo coordenada pela entidade reguladora de eletricidade e gás natural – OFGEM (*Office of Gas and Electricity Markets*), escolhida em detrimento de qualquer outra existente ou a ser criada, por se considerar que era a que estava melhor preparada para gerir o novo cenário de políticas energéticas e ambientais (MUNDACA & NEIJ, 2009).

As três fases verificadas de obrigações dos comercializadores de energia elétrica e de gás natural na GB são (DECC, 2012; MUNDACA, 2007; OIKONOMOU, 2010):

- (i) EEC1, que decorreu entre 2002 e 2005;
- (ii) EEC2, cujo período de regulação foi compreendido entre 2005 e 2008;
- (iii) CERT, com um período inicial estipulado entre abril de 2008 e março de 2011, tendo sido estendido até dezembro de 2012, com objetivos de redução de GEE renovados e mais ambiciosos (até abril 2011: 185 MtCO₂; até dezembro 2012: 293 MtCO₂).

Na primeira fase do EEC, EEC1, que decorreu entre 2002 e 2005, o objetivo global de poupanças foi de 62 TWh. As obrigações de poupanças energéticas foram distribuídas em 98% pelos agentes obrigados. Todavia, o total de poupanças energéticas realizadas nesta fase foi de 86,8 TWh, o que resultou tanto do cumprimento das metas quanto do depósito dos títulos de poupanças energéticas para a fase seguinte.

O objetivo dos agentes obrigados no EEC1 pode incluir até 10% das poupanças energéticas oriundas de investimentos em eficiência energética do esquema que precedeu o EEC. Segundo cálculos efetuados por Mundaca e Neij (2009), o objetivo de poupanças energéticas traçado para o EEC1 representou apenas 0,6% do consumo final de energia do setor residencial.

Deste modo, estes autores questionam se o cumprimento das metas de poupanças não foi atingido apenas através da delineação de metas pouco ambiciosas ou simplesmente de uma tendência de cenário *business-as-usual*. A par desses questionamentos, Mundaca e Neij (2009) defendem que o nível da meta estabelecida apenas reduziu a taxa de crescimento do consumo de energia do setor doméstico, e que teve pouco efeito no nível de consumo.

O principal objetivo do CERT é contribuir para o cumprimento dos objetivos legais do Reino Unido sob o Protocolo de Quioto (redução em 12,5% das emissões de 1990 entre 2008 e 2012) e da obrigação do *Climate Change Act* de 2008, que exige um decréscimo das emissões de gases de efeito estufa do Reino Unido em 80% em 2050, tendo como base o ano de 1990 (DECC, 2012). Os comercializadores devem atingir os seus objetivos de redução de emissões de gases de efeito estufa, nomeadamente de CO₂, através da promoção de soluções energéticas “menos emissoras de carbono” por seus consumidores residenciais (DECC, 2012).

O regulador repartiu as obrigações individuais de poupanças energéticas pelos agentes obrigados, de acordo com as suas quotas de mercado de consumidores domésticos. O objetivo é ajustado anualmente. Apesar de que no EEC1 os agentes com obrigações terem permissão para preencher os seus objetivos com medidas implementadas por terceiros, as ESCOs não são admitidas neste sistema. O que pode ser, ainda que parcialmente, consequência de não haver acesso aberto ao crédito nem à transação de

créditos para os agentes sem obrigações, e de as medidas de poupanças energéticas relacionadas com a indústria não serem abrangidas pelo sistema.

O sistema da Grã-Bretanha só se dirige para o setor residencial, que no EEC era dividido em dois grupos (OIKONOMOU, 2010):

(i) Grupo prioritário – abrange 7,7 milhões de residências (33% do total), abrangendo pensionistas, população de 60 ou mais anos, residências sociais, detentores de benefícios por incapacidade e famílias com crianças de idade inferior a 16 anos. Os fornecedores podem implementar medidas não estruturais, como a substituição de equipamentos e de lâmpadas incandescentes, em que 100% do investimento é suportado pelo agente com obrigações. Podem, também, ser implementadas medidas estruturais, principalmente relacionadas com o aquecimento e isolamento térmico, o que exige uma renovação do edifício em si. Os fornecedores de energia são obrigados a atingir pelo menos 50% das suas poupanças energéticas no grupo prioritário.

(ii) Segundo grupo – abarca todos os outros consumidores. O nível de contribuição média dos fornecedores ronda os 50% de medidas não estruturais e aproximadamente 40% de medidas estruturais.

No CERT, o grupo prioritário foi dividido em dois grupos. Em termos sintéticos: o grupo prioritário (famílias de baixo rendimento, pensionistas com mais de 70 anos); o super-prioritário (de elevado risco de pobreza), que terá de ser detentor de 15% do total dos investimentos (DECC, 2012).

As aprovações do esquema de poupanças de energia e do registro da eficiência energética alcançada tiveram por base uma abordagem de M&V *ex-ante*. As poupanças energéticas de um projeto são calculadas e estabelecidas quando o mesmo é submetido, através de uma estimativa padronizada, considerando a tecnologia utilizada ponderada pelo tipo de combustível e descontada ao longo da vida útil da medida. Para os comercializadores de energia existe a opção de medir e verificar os resultados *ex-post* das medidas implementadas. Porém, esta opção nunca foi realizada (MEDREG, 2010).

Os procedimentos de aprovação, notificação e cálculo das poupanças energéticas de cada medida são altamente padronizados, o que permite reduzir o risco dos investimentos efetuados pelos agentes com obrigações e minimizar os custos administrativos suportados pelos mesmos e pela entidade reguladora.

Os requisitos para M&V têm como base avaliações técnicas, estudos de satisfação dos consumidores e monitoração da utilização energética dos consumidores. Em algumas situações pontuais, as poupanças energéticas são monitoradas *ex-post*, de modo a melhorar a precisão das poupanças *standards*. Contudo, as despesas inerentes não estão a cargo dos agentes com obrigações (MEDREG, 2010). Releva-se apenas que, no CERT, as medidas de CFLs foram excluídas (DECC, 2012; OIKONOMOU, 2010).

A utilização de poupanças energéticas padronizadas permite uma abordagem *ex-ante* da medição das poupanças alcançadas pelos agentes com obrigações. Embora, no programa EEC, as poupanças energéticas tenham sido elevadas, poucas medidas *standard* inovadoras foram implementadas. Por sua vez, o CERT potencializa o desenvolvimento de novas medidas *standards* por parte dos agentes com obrigações tanto em residências como nas comunidades.

A OFGEM exige de todos os agentes com obrigações a entrega de relatórios trimestrais, que descrevam os progressos alcançados quanto aos objetivos de poupanças energéticas estipulados. A entidade reguladora está, também, encarregada de realizar um relatório anual com a discriminação dos progressos efetuados e, no final de cada fase do programa, tem que proceder à elaboração de um relatório final para o *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA).

Tomando como referência a taxa de desconto de 6% durante o EEC1, sendo que no EEC2 foi de 3,5%, a razão custo benefício foi estimada entre 3,09 e 3,32. Isto implicaria que cada euro investido em eficiência energética gerar benefícios monetários entre 3,1€ e 3,3€. Tal fato evidencia a eficiência econômica do sistema analisado (MUNDACA & NEIJ, 2009).

Uma consequência muito importante da implementação do sistema de certificados da Grã-Bretanha foi o aumento do compromisso dos agentes obrigados na promoção da

eficiência energética. Eles passaram a direcionar esforços à formação dos seus quadros de pessoal para o melhor aconselhamento de clientes na tomada de decisões relativas à implementação de projetos de eficiência energética. Surgiram numerosas parcerias entre diversos atores institucionais e de mercado (MUNDACA, 2007). “A eficiência energética é agora entendida como uma oportunidade de negócio, através da qual as empresas podem expandir os seus portfólios de produtos e de clientes, como também aumentar a fidelização dos últimos” (MUNDACA & NEIJ, 2009).

O sistema de certificados de eficiência energética da Grã-Bretanha, por meio de contratos bilaterais, agrega ao seu sistema de obrigações de poupanças de energia a possibilidade de transacionar obrigações e poupanças entre os agentes com obrigações. A transação de títulos de poupanças energéticas só é possível quando a meta do vendedor tenha sido atingida. No entanto, para que a transação seja efetiva é necessário que o regulador proceda à anuência da mesma por escrito. Este processo pode ser o maior motivo para o baixo interesse dos operadores na transação.

No EEC1 registrou-se uma transação de poupanças muito reduzida, o que pode ser explicado pelas elevadas penalizações em caso de não cumprimento, pelos custos percebidos de transação e negociação, pela possibilidade de ser partilhada informação estratégica com concorrentes (compradores ou vendedores das poupanças) e pelos benefícios comerciais de não transacionar (aumento de competitividade) (MUNDACA, 2007).

Um sistema de recuperação de custos não é aplicável ao sistema bretão, uma vez que os agentes com obrigações, sendo fornecedores de energia, repercutem o custo adicional de cumprimento para o consumidor final. No EEC e no CERT, enquanto todos os consumidores contribuem por meio do aumento das suas tarifas, os consumidores participantes da implementação de medidas de eficiência energética assimilam diretamente os benefícios do esquema em questão (OIKONOMOU, 2010).

O regulador tem autonomia para determinar se é apropriado estabelecer uma penalização por não cumprimento. Todavia, não existe um guia específico que explicite a forma como a penalidade é calculada, podendo atingir os 10% do volume de negócios dos comercializadores de energia (OIKONOMOU, 2010).

As fontes dos custos de transação identificadas estão relacionadas com a procura de informação sobre o cliente e o tipo de medida a ser implementada em cada caso; com a persuasão dos clientes para efetuarem medidas de eficiência energética; com a negociação junto da OFGEM, para garantir a acreditação das poupanças energéticas que advirão dos projetos implementados (MUNDACA & NEIJ, 2009).

No que concerne aos encargos com a gestão do sistema bretão, ressaltam-se alguns aspectos que conferem praticabilidade à sua implementação devido aos baixos custos administrativos, como a consideração por apenas um setor elegível, o número limitado de agentes obrigados, uma metodologia de M&V *ex-ante* e medidas padrão aplicáveis ao setor doméstico.

Com uma equipe de aproximadamente seis profissionais, foram reportados, entre 2002 e 2005, custos totais administrativos da ordem de 1,4M€ que corresponderam a uma média anual de 460.000€, representando apenas 0,08% do orçamento da OFGEM (MUNDACA & NEIJ, 2009).

A maior fatia dos custos foi originada pelas auditorias externas e pela gestão da base de dados relativamente ao progresso de cada agente obrigado. Os custos relativos às auditorias reduziram-se em 32% entre a primeira e segunda auditoria, decréscimo que resultou de um processo interno de aprendizagem.

Para Mundaca e Neij (2009), existem vários indicadores que demonstram o custo/eficácia, em consequência de se atingir objetivos de poupanças energéticas através de minimização dos custos, do EEC1: os custos das poupanças energéticas foram menores do que o esperado e que os preços de energia auferidos pelos clientes domésticos; os custos inerentes às poupanças energéticas foram menores do que os de outros instrumentos alternativos.

Mais recentemente, Giraudet *et al.* (2012) foram enfáticos em afirmar o custo-eficácia do esquema bretão, tendo mesmo estimado o custo do *negawatt*-hora em 0,009€/kWh, valor inferior aos preços de energia praticados.

2.6 Considerações finais do Capítulo 2

Neste capítulo foram apresentados os fundamentos e conceitos do mercado de *White Certificates*, baseados na literatura disponível sobre o tema. Verificou-se que um mercado de *White Certificates* parte do estabelecimento de uma obrigação para alguns agentes demandantes de projetos de eficiência energética, sendo que na outra ponta da negociação estão os agentes ofertantes. De modo geral, esses agentes ofertantes são aqueles autorizados a realizar projetos e medidas de eficiência energética, dentro das tipologias aceitas como elegíveis para o mercado institucionalizado de *White Certificates*.

Também, neste capítulo, foi feita uma revisão bibliográfica a respeito da sistemática de *White Certificates* utilizada em três países – França, Itália e Reino Unido – por serem os que possuem os sistemas mais maduros. Foram observadas diferenças entre os sistemas utilizados em cada um desses países, principalmente, devidas: (i) à particularidade dos objetivos, nos quais alguns deles miram a redução das emissões e, outros, a redução do consumo de energia; e (ii) aos potenciais de eficiência energética de cada uma das fontes escolhidas como prioritárias por cada país.

Verificou-se que para esses países as metas de eficiência energéticas, estabelecidas como obrigatórias, foram suplantadas em consequência das negociações realizadas por meio do sistema de *White Certificates*, o que resultou no reconhecimento do sistema como sendo “custo efetivo”, ou seja, cujos benefícios superaram seus custos.

Capítulo 3 - Proposta de um sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro

Este capítulo tem o intuito de delinear uma proposta de sistema de *White Certificates* como instrumento de política de eficiência energética para o Brasil. Além disso, busca analisar se há vantagens na adoção desse sistema quanto à promoção de medidas de eficiência energética no país. O capítulo se inicia com o detalhamento do sistema proposto, por meio da descrição de suas necessidades de desenho regulatório-institucional. Em seguida é realizada uma análise financeira da atratividade de projetos de eficiência energética, a partir de dados publicamente divulgados. Por fim, considerando hipoteticamente um ambiente com o sistema já implantado, é realizada uma simulação cujo objetivo é analisar o desempenho do ponto de vista das barreiras à eficiência energética.

Embora o sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro, proposto nesta tese, tenha inspiração nos modelos existentes em outros países, aqui é sugerida uma transição que leva em conta o programa de eficiência energética em vigor no Setor Elétrico Brasileiro, qual seja o PEE da ANEEL. Com efeito, na proposta delineada, aproveitam-se algumas das premissas já postas pelo PEE, como por exemplo, a obrigatoriedade de aplicação de 0,5% da receita operacional líquida (ROL) das distribuidoras de energia em projetos de eficiência energética.

Conforme visto no capítulo anterior, um sistema de *White Certificates* visa à promoção da eficiência energética por meio da criação de um sinal econômico gerado através da receita auferida com a venda da energia economizada. Uma vez que no Brasil há a obrigatoriedade de investimento em eficiência energética no contexto do setor elétrico, aproveitar-se-á a vocação das instituições existentes, de modo que a adaptação a um novo sistema seja a menos onerosa possível. Propõe-se que esse sistema que,

diferentemente do anterior passará a ter metas de eficiência energética, venha substituir o PEE da ANEEL.

3.1 Delineamento do sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro

Para realizar as análises deste capítulo se faz necessário definir uma estrutura para o sistema proposto. Ao se falar em estrutura é preciso ter em mente os objetivos do programa de eficiência energética, a autoridade legal que ordenará o sistema, as partes obrigadas a se engajar em nas metas de eficiência, os projetos elegíveis, as metas de eficiência a ser atingidas, a unidade básica a ser negociada, as penalidades pelo não cumprimento das metas ou pela não conformidade, entre outros fatores (RAP, 2012). Passa-se, assim, a seguir, à definição/detalhamento de tal estrutura.

3.1.1 Objetivos do sistema de *White Certificates* a ser proposto

O estágio mais importante de um projeto de sistema de *White Certificates* é a definição de quais serão os objetivos políticos, ou seja, quais os objetivos a serem atingidos com a implantação desse instrumento de política energética (RAP, 2012). Dentre os possíveis objetivos a serem atingidos por esse instrumento podem-se destacar, a partir da experiência internacional:

- (i) explorar a eficiência energética como um recurso dentro do planejamento energético do país;
- (ii) reduzir as contas de energia para todos ou para algum subgrupo (baixa renda, por exemplo);
- (iii) estimular o desenvolvimento de uma indústria de serviços energéticos;
- (iv) melhorar os retornos relacionados a ações de preservação do meio ambiente;
- (v) incrementar a segurança e confiabilidade do sistema elétrico.

Observa-se, conforme visto no capítulo anterior, que esses objetivos estão correlacionados e que eles são fundamentais na avaliação dos impactos da implantação de um sistema de *White Certificates* (LABANCA, 2007, *apud* LANGNISS & KLINK, 2006; IEA, 2013). Do mesmo modo, são também relevantes a identificação dos motivos que levam determinados países a utilizar esses instrumentos para diminuir a pobreza, como no caso da Inglaterra, e não com o intuito primordial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa ou de garantir segurança energética ao sistema.

Como exemplo de objetivos estabelecidos dentro de um sistema de *White Certificates* vale lembrar o caso da União Europeia. Naquele continente, em 2007, existiam objetivos políticos para um esquema misto de *Green Certificates* (redução de emissões de gases de efeito estufa) e de *White Certificates* (eficiência energética, ou reduções no consumo de energia para uma mesma unidade de trabalho executado). Nesse contexto, havia três objetivos políticos principais: (i) geração de energia limpa e sustentável; (ii) segurança na geração de energia; e (iii) ganhos de competitividade.

A União Europeia considerava, então, a eficiência energética como sendo a melhor opção, em termos de custo-efetividade, para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A eficiência energética traria menos dependência de importações de combustíveis e mais competitividade industrial, sendo capaz inclusive de criar novos postos de trabalho para mão-de-obra altamente qualificada. Além disso, impulsionaria a indústria de produtos ligados a eficiência energética.

Destaca-se, porém, que na Grã-Bretanha o objetivo principal da política era a redução de emissões. Já na Itália, por sua vez, esperava-se garantir a geração de poupanças energéticas e promover a eficiência energética. Podem-se citar também experiências de outras regiões não mencionados anteriormente, como é o caso de *New South Wales*, na Austrália, em que um dos objetivos políticos da implantação de um sistema de *White Certificates* era o de ajudar os setores residencial e comercial a reduzir suas contas de energia (RAP, 2012). Conclui-se, portanto, que os objetivos relacionados à implantação de um sistema de *White Certificates* podem ser bem variados, dependendo das necessidades, imediatas ou de longo prazo, de um país.

Os países latino-americanos enfrentam barreiras à eficiência energética, devido a diversos motivos. Dentre eles se podem destacar: (i) a ausência de instrumentos financeiros; (ii) as dificuldades de dividir os projetos em pequenos subprojetos para aumentar o interesse sobre eles por parte do mercado financeiro; (iii) a ausência de marcos regulatórios; (iv) a falta de inventários a respeito dos potenciais de eficiência energética existentes; (v) as restrições ao financiamento devido ao risco atribuído aos projetos (OLADE, 2015). Ainda há outras barreiras como a falta de informação, de conhecimento técnico e de treinamento, conforme destacam Grimoni *et al.* (2004). Estas barreiras coincidem com aquelas enfrentadas pelos países desenvolvidos, a diferença é que neles as barreiras se apresentam de forma menos intensa do que nos países em desenvolvimento.

Isso ocorre porque, em geral, os países desenvolvidos possuem marcos regulatórios bem definidos. Nestes países existem inventários mais precisos a respeito dos potenciais de eficiência energética e linhas de financiamento específicas para projetos (como é o caso do Banco Alemão de Desenvolvimento KfW). Além disso, o nível de conhecimento e de cultura geral – tanto da classe empresarial, quanto da população – costuma ser mais elevado nos países desenvolvidos o que “derruba” certas barreiras como falta de informação, treinamento e conhecimentos técnicos a respeito de projetos de eficiência energética (Grimoni *et al.* 2004).

Vale assinalar que um sistema de *White Certificates* pode contribuir no sentido de diminuir algumas dessas barreiras e permitir o aproveitamento dos potenciais de eficiência energética. Dessa forma, são propostos os seguintes objetivos para o sistema, no caso do Brasil:

- (i) Aumentar a atratividade financeira de projetos de eficiência energética relacionados à eletricidade, de modo a promover o aproveitamento dos potenciais nacionais de eficiência energética no segmento de energia elétrica;
- (ii) Contribuir na redução de barreiras à eficiência energética; e
- (iii) Colaborar indiretamente na melhoria de resultados das políticas ambientais e de emissões de gases de efeito estufa.

Espera-se que o aumento da atratividade ocorra devido à presença de receita adicional, a qual pode ser auferida com a venda do título de *WhC*.

3.1.2 Autoridade legal

As leis 10.847 e 10.848, aprovadas em março de 2004, estruturaram o Setor Elétrico Brasileiro através de sete instituições que se encarregam de distintas funções (**Figura 11**). Seriam elas:

- (i) O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é responsável, principalmente, pela definição de diretrizes para políticas públicas de energia;
- (ii) O Ministério das Minas e Energia (MME), que é responsável pela condução e execução das políticas. Suas principais obrigações incluem a formulação e implantação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes definidas pelo CNPE;
- (iii) O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que é responsável pelo despacho das diversas fontes de energia, de forma a suprir a demanda ao menor custo;
- (iv) A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regula e fiscaliza a produção, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica;
- (v) A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que desenvolve estudos de forma a subsidiar o planejamento energético nacional e as atividades do MME;
- (vi) O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia, que o coordena diretamente e que tem a função de acompanhar e avaliar a continuidade e a segurança do suprimento elétrico em todo o território nacional;

- (vii) A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que é responsável pela estrutura que dá respaldo à comercialização da energia elétrica no mercado livre

Figura 11 – Organização do Setor Elétrico Brasileiro a partir de 2004
Fonte: Cuberos *apud* Dorel, 2008.

Cabe destacar que entre as atribuições da Agência Nacional de Energia Elétrica ainda estão (ANEEL, 2015):

- (i) Regular a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- (ii) Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- (iii) Implementar as políticas e diretrizes do governo federal, relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- (iv) Estabelecer tarifas;
- (v) Mediar, na esfera administrativa, os conflitos entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores; e

- (vi) Por delegação do governo federal, promover as atividades relativas às outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica.

Mediante esta sucinta descrição organizacional do Setor Elétrico Brasileiro, de forma a harmonizar a função das instituições com os atributos que a autoridade legal deve ter sobre um sistema de *White Certificates* resulta que o CNPE seria a organização mais adequada para propor ao MME o estudo da viabilidade da implantação de tal sistema. O MME, por sua vez, poderá delegar a EPE a realização de estudo de viabilidade do referido sistema.

Uma vez que a viabilidade tenha sido verificada, a ANEEL poderá ser o órgão a ficar com o encargo de supervisionar o sistema. Assim, entre suas atividades estariam: (i) a validação de projetos de eficiência energética; (ii) a medição da energia economizada; e (iii) a aplicação de multas por não cumprimento da meta de eficiência energética pré-estabelecida e/ou pela não-conformidade às regras de comercialização dos *WhC's*.

A CCEE, por sua vez, poderá ficar responsável pela emissão do *White Certificate*, bem como pelo ambiente de sua negociação. Não haverá envolvimento do ONS e do CMSE dentro do sistema de *White Certificates* ora proposto para o Brasil. Sendo assim, entende-se que a ANEEL pode ser designada como a *autoridade legal* que fará a gestão do sistema. Assim, também, busca-se não onerar o sistema de *WhC's* aproveitando-se a sinergia entre as novas atividades requeridas ao sistema e aquelas das instituições já existentes.

3.1.3 Fontes de energia cobertas

Propõe-se que os projetos participantes do sistema de *White Certificates* ora sugerido tenham como finalidade primordial a redução de consumo de energia elétrica no Brasil. Essa finalidade inclui os consumos de energia elétrica relacionados à cogeração, à geração distribuída, à mini geração distribuída e de energias incentivadas, em linha com o programa de eficiência energética da ANEEL, já existente.

3.1.4 Setores cobertos

Os projetos podem ser advindos dos setores residencial, comercial, industrial e público. Eles poderão também ser realizados por meio de instalações pré-existentes, no caso de eficiência energética, ou de novas instalações, no caso de geração distribuída. Deve ser possível realizar a medição de forma a computar a energia economizada.

3.1.5 Partes obrigadas

Para a definição das partes que serão obrigadas a atingir metas de redução de consumo, segundo Bertoldi & Rezessy (2013) devem ser analisados os objetivos a serem atingidos pelo programa. Se for definido que as metas devem ser cumpridas por fornecedores, distribuidores e grandes consumidores de energia pode-se estabelecer também metas distintas para cada categoria (BERTOLDI & REZESSY, 2013).

Nos sistemas francês, britânico, italiano, dinamarquês, polonês, belga, irlandês e em alguns estados australianos e americanos, a obrigatoriedade recai sobre os grandes fornecedores. Porém, chamam a atenção três sistemas recentes de *White Certificates* em que a obrigação de eficiência energética recai sobre os usuários finais: o *UK CRC Energy Efficiency Scheme*; o *Tokyo Emission Trading Scheme*; o *PAT Scheme* da Índia. Destaca-se a existência de recomendações que preconizam que se deve definir como partes obrigadas grandes provedores de energia (RAP, 2012).

No caso brasileiro, entende-se que por já haver obrigatoriedade por parte do distribuidor de energia, a melhor opção seja colocá-los como partes obrigadas. A resolução 556 da ANEEL, de 02 de julho de 2013, já abriu caminho para que as distribuidoras de eletricidade realizem chamadas públicas, de modo a identificar projetos, advindos dos usuários, que possam ser levados adiante junto com a concessionária e contar como investimento em eficiência energética dentro do PEE. O que se tem visto é que as concessionárias já estão trabalhando no sentido de conseguir oferta de projetos advindos do consumidor. Desta forma, observa-se que no caso da criação de um mercado de *White Certificates* as próprias concessionárias podem atuar como um vetor de formação de mercado.

A atribuição de metas de eficiência energética a grandes consumidores pode ser um argumento a mais para aumentar o risco percebido pela comunidade internacional. O Brasil já tem um ambiente de negócios considerado hostil e isso pode agravar a situação. Os grandes consumidores já enfrentam problemas com *déficits* de energia para viabilizar seus negócios no país e o estabelecimento de mais uma obrigação pode onerar ainda mais a produção.

Segundo levantamento da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE, 2015) o mercado de distribuição de eletricidade está dividido entre 63 distribuidoras. Entre as distribuidoras, 42 delas detêm 98% do mercado. Um subconjunto de 15 distribuidoras detêm 75% do mercado (**Tabela 2**). A tabela apresenta o consumo total incluindo as perdas técnicas e não técnicas, as quais já são tratadas separadamente na Nota Técnica nº 106/2015-SGT/ANEEL, de 22 de abril de 2015, não sendo objetivo, portanto desse estudo.

Tabela 1 – Consumo de energia elétrica das 15 maiores distribuidoras no ano de 2014

Distribuidora	Consumo (GWh)
AES Eletropaulo	37.874
Cemig	26.934
Copel	24.208
CPFL Paulista	22.791
Light	21.500
Coelba	16.348
Celesc-D	16.344
CELG-D	11.707
CELPE	11.215
COELCE	9.954
AMPLA	9.792
EDP Bandeirante	9.592
CPFL Piratininga	9.410
CEEE-D	8.206
AES Sul	7.865

Fonte: ABRADEE, 2014.

Dessa forma, propõe-se que as obrigações recaiam sobre as 63 distribuidoras de eletricidade excluindo-se as permissionárias de energia elétrica. Sendo assim as

distribuidoras serão consideradas as *partes obrigadas* do sistema de *White Certificates* proposto.

3.1.6 Meta de eficiência energética

A meta de eficiência energética é outro ponto bastante importante, também dentro de um sistema de *White Certificates*. Ela define o tamanho da poupança de energia a ser atingido num dado período e que deve estar alinhado com os objetivos de política energética do país. Ela pode ser expressa em KWh, MWh, KWh/ano, MWh/ano, etc (RAP, 2012).

Existem diversas formas de se calcular e de definir as poupanças de energia para o sistema de *White Certificates*. Alguns países adotam o cálculo sobre energia primária, outros sobre a energia utilizada nos usos finais. Algumas políticas que englobam metas de redução de emissões associadas aos *White Certificates* utilizam metas de emissão de CO₂ evitada, como é o caso da Grã-Bretanha.

Para muitos sistemas de *White Certificates* existentes em outros países, as metas são definidas para períodos longos de tempo como 10 ou 20 anos, de maneira a justificar os investimentos. Alguns esquemas de *White Certificates* calculam a poupança levando em consideração o primeiro ano de existência do projeto. Outros utilizam a vida útil do projeto para calcular a poupança de energia (RAP, 2012). Para o estabelecimento da meta há que se ponderar sobre os objetivos a serem atendidos, o custo para os consumidores, se houver, e, os potenciais de eficiência (RAP, 2012).

Quanto a metas de eficiência energética para o Brasil, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf, 2011), elaborado pelo Ministério das Minas e Energia (MME), preconiza uma economia de energia entre os anos de 2010 e 2030 de 10,37%, ou seja, um consumo evitado de 106.623 GWh (**Tabela 3**), conforme o consumo projetado, o que resulta em redução anual de 0,6% do consumo previsto.

Tabela 2 – Consumo base e Consumo final projetado no PNEf

Ano	Consumo base (GWh)	Consumo final (GWh)
2010	419016	419016
2011	442062	439548
2012	466375	461211
2013	492026	483943
2014	519087	507796
2015	542446	527752
2016	566856	548490
2017	592365	570044
2018	619021	592446
2019	646877	615729
2020	674693	638700
2021	703705	662525
2022	733964	687241
2023	765525	712880
2024	798442	739477
2025	832775	767067
2026	868584	795688
2027	905934	825379
2028	944889	856178
2029	985519	888129
2030	1027896	921273

Fonte: Elaboração própria a partir de MME, 2011

Obteve-se, a partir da análise dos Relatórios de Sustentabilidade e de informações obtidas junto aos departamentos de eficiência energética das 15 maiores distribuidoras de eletricidade (que detém 75% do mercado em volume de energia consumida), uma média simples de 0,11% de energia economizada ao ano (MWh/ano) e, também, uma média ponderada pelo volume de energia consumido pela distribuidora de 0,08% da energia economizada, com projetos do PEE em relação ao consumo de energia da distribuidora. Foi tomando como base o ano de 2014 (**Figura 12**), em função de ser o mais próximo de 2016, em que as distribuidoras estavam obrigadas a apresentar seus relatórios.

Figura 12 – Porcentagem *eficientizada* do mercado em 2014

Fonte: Elaboração Própria a partir de Relatórios de Sustentabilidade e Sócio Ambientais das Distribuidoras de Energia Elétrica com dados de 2014.

Desta forma, a proposição de uma meta anual de 0,6% ampliará em 6 vezes a redução de consumo obtida hoje pelo programa da ANEEL cuja média conforme mencionada é de apenas 0,11%. A meta a ser atingida é anual, ou seja, todo ano as distribuidoras devem apresentar *White Certificates* que representem economia de energia de acordo com as metas estabelecidas.

Como os projetos de eficiência energética atravessam os anos, espera-se que os benefícios de um ano se acumulem para o ano seguinte e por mais alguns anos, dependendo da duração do projeto. Porém, para estabelecer limites de redução de consumo dentro da sistemática de *White Certificates* que está sendo proposta, há que se considerar que a demanda de eletricidade deve ser crescente nos próximos dez anos, segundo projeção do MME (EPE, 2016). Desta forma, faz-se necessário estabelecer limites de redução de consumo que, anualmente, incentivem novas ações. Se a economia do país não crescer por um período de tempo e o consumo de eletricidade não aumentar, ou até mesmo diminuir, os *White Certificates* obtidos a partir de projetos existentes darão conta de atingir metas.

Por outro lado, no que diz respeito à meta de eficiência energética a ser atingida, há que se ponderar sobre os potenciais possíveis de serem realizados anualmente e a que preço devem ser comercializados como ponto de partida. Quando se estabelece uma meta de

eficiência energética, em conjunto com multa por não cumprimento, que é o caso desse sistema proposto, a multa delimita o preço máximo pelo qual a concessionária adquirirá *White Certificates* já que acima desse valor se torna mais cômodo para as partes obrigadas, no caso as distribuidoras de energia elétrica, simplesmente pagarem a multa.

Em 2015, as concessionárias de distribuição de energia elétrica dispendiam 420 milhões de reais em projetos no âmbito do PEE/ANEEL (ANEEL, 2015). Na projeção do PNEf preconiza-se uma redução anual de 0,6% em relação ao consumo projetado (MME, 2011). Pode-se dizer então que propensão a gastar das concessionárias com ações de eficiência energética era igual a 420 milhões ou menos (já que investidores racionais procuram maximizar o lucro e reduzir seus custos). Considerando que 0,6% do consumo para o ano de 2015 representam de 2.784 GWh, a concessionária estaria disposta a pagar, em média, R\$ 150,00 pelo *White Certificate* que representasse um MWh/ano economizado. Como o principal objetivo do sistema proposto é o de aumentar a atratividade financeira, quanto maior a propensão a pagar do lado da concessionária melhor.

Conforme a Nota Técnica DEA 12/16, de abril de 2016, da Empresa de Pesquisa Energética, era esperado para 2024 uma redução de consumo de 6% no comércio e de 3,4% na indústria. Desta forma, a redução de 0,6% ao ano sugerida na sistemática de WhC's proposta nesta tese está em linha com os potenciais preconizados pelo governo, e já que representaria uma redução de consumo próxima de 6% em dez anos. Ou seja, aparentemente existe uma folga entre o potencial total, que poderá ser explorado, e o potencial que será efetivamente explorado. Soma-se a essa economia, ainda, aquela que poderá advir da geração distribuída, que pelos levantamentos da EPE apresentam ainda grande potencial.

Dos levantamentos realizados pela EPE, estima-se que parte desses potenciais seja obtida de forma tendencial, ou seja, sem necessidade de medidas adicionais para que eles aconteçam. Desta forma, pode ser que numa parcela do potencial a ser explorado pela implantação de uma sistemática de *White Certificates* no Brasil, incida o efeito *free rider*, ou “carona”. No caso da eficiência energética, o efeito *free rider* acontece quando alguém, que já tomaria espontaneamente determinada medida de eficiência energética

leva uma vantagem, pois se cria um incentivo para que tome aquela medida que naturalmente já tomaria sem qualquer incentivo.

Como a intenção da implantação da sistemática de *White Certificates* é a de gerar incentivo relevante à adoção de ações de eficiência energética no Brasil, o efeito *free rider* associado a esta proposição não será levado em conta nesse estudo. O motivo é que se considera o mercado de eficiência energética no Brasil como muito incipiente e, desta forma, há que se gerar incentivos relevantes (ABESCO, 2016) numa primeira fase, independentemente de outros efeitos, como o *free rider*, que podem ser tratados em fases subsequentes, em novas políticas de eficiência energética.

A meta de eficiência energética pode ser revista periodicamente, de acordo com o comportamento do mercado. Devido à dinâmica do mercado e da economia, sugere-se que a meta seja revista a cada *dois anos* para se adaptar a eventuais mudanças no cenário setorial e macroeconômico.

3.1.7 Opções de avaliação da energia economizada: a metodologia *ex-post* ou a *ex-ante*

A avaliação das poupanças energéticas obtidas com um projeto ou medida pode ser realizada de duas formas: *ex-ante* ou *ex-post*. Na forma *ex-ante*, as economias são computadas com base em estimativas das poupanças em relação ao projeto ou medida para obtenção dos *White Certificates*. Na forma *ex-post*, é considerado o valor efetivamente medido em relação à linha de base estabelecida para obtenção dos *White Certificates* (linha de base é um conceito que será abordado mais adiante no texto).

A avaliação *ex-post* ou *ex-ante* da energia economizada gera diferentes sinais econômicos do lado da oferta. A avaliação *ex-ante* das medidas pode diminuir o risco associado ao investimento e propiciar uma curva de oferta de *White Certificates* mais próxima da vertical. A avaliação *ex-ante* permite que o detentor do projeto negocie energia economizada futuramente sem tê-la obtido ainda. Desta forma, ele tem um retorno financeiro mais rápido, diminuindo o risco associado ao projeto.

Por outro lado, a avaliação *ex-post* direciona todo o risco do projeto para o empresário, pois ele só poderá usufruir dos benefícios da redução de consumo depois desta ter sido constatada via medição. Neste caso, ele não usufruirá dos benefícios imediatamente, inclusive postergando o retorno dos projetos e aumentando o risco conjuntural associado.

A definição de como será a avaliação, *ex-ante* ou *ex-post* terá impacto sobre a curva de oferta de projetos e medidas de eficiência energética. Uma avaliação *ex-ante* pode aumentar a quantidade ofertada e uma avaliação *ex-post* pode diminuir a quantidade ofertada.

Propõe-se que a avaliação seja uma combinação entre a metodologia *ex-post* e a *ex-ante*. Propõe-se que a economia de energia para os primeiros cinco anos do projeto seja avaliada inicialmente na forma *ex-ante*, sendo confirmada através de medição ano a ano. Para os demais anos de duração do projeto, ou medida de eficiência energética, a avaliação pode ser *ex-post*. A avaliação *ex-ante* para os primeiros cinco anos permite amortizar parte do investimento realizado e pode reduzir a percepção de risco relacionada ao projeto ou medida de eficiência. Na avaliação *ex-ante* serão obtido *White Certificates* representantes da energia que deve ser economizada nos cinco primeiros anos, no instante que o projeto ou medida estiver implantado. Dessa forma o detentor do projeto ou medida poderá negociar *White Certificates* referentes à energia que será economizada nos cinco primeiros anos do projeto. Sendo assim, ele pode utilizar a receita obtida para amortizar o investimento.

No caso do projeto não atingir os níveis previstos de economia de energia, o detentor terá que se responsabilizar por fazer os aportes financeiros que compensem a diferença entre a energia vendida e a efetivamente economizada. Para reduzir a responsabilidade do detentor do projeto, pode-se criar a possibilidade de ele não negociar toda a economia possível e sim apenas parte dela, de acordo com a incerteza estimada para previsão de redução de consumo. As ações de eficiência energética podem ser afetadas por diversos fatores, dependendo do tipo de projeto. Inclusive, os projetos climáticos podem trazer grandes incertezas a respeito dos ganhos efetivos de redução de consumo. Desta forma, o detentor do projeto pode escolher entre receber primeiro e assumir o risco, ou diminuir os ganhos e correr menos risco futuro.

3.1.8 Regime de verificação de conformidade

Propõe-se que a conformidade do atendimento das metas seja verificada pela ANEEL, com base em documentação de medição/cálculos teóricos apresentados pelo proprietário do projeto e eventuais auditorias no sistema eficientizado. Toda a documentação referente ao projeto deverá ser apresentada ao Órgão Regulador. Os documentos devem conter a quantidade de MWh/ano prevista para economia de energia e a metodologia de medição. Essa documentação servirá de apoio para análise de eventuais discrepâncias que possam haver entre as economias preconizadas e as efetivamente auferidas.

Para efeito dos créditos valerá o resultado das medições em relação à linha de base estabelecida. Para as concessionárias que ultrapassarem as metas anuais não servirá o artifício da banca, ou seja, os MWh/ano que ultrapassarem a meta não serão descontados da meta no próximo ano.

Propõe-se o pagamento de multa por não cumprimento da meta estabelecida de eficiência energética. A multa tem uma função importante, pois ela definirá o valor máximo a ser pago pela concessionária de distribuição por um projeto de eficiência energética já que acima desse valor é mais fácil a concessionária pagar a multa.

A multa tem também o intuito de pressionar a concessionária para incentivar a sua área de concessão a realizar projetos. O valor da multa deve ser tal que incentive as ações da concessionária, mas também não gere um desequilíbrio financeiro no caso da concessionária não atingir plenamente seus objetivos, não comprando *White Certificates* em quantidade suficiente para atingir sua meta e tendo que pagar a multa.

De modo a preservar o arcabouço regulatório existente até o presente ano de 2016, do ponto de vista de desembolso por parte da concessionária de distribuição de verbas para eficiência energética, propõe-se como valor inicial para a multa, o valor de R\$ 180,00. Desta forma, na fase de adaptação ao novo mercado, se não houverem *White Certificates* em volume suficiente para cobrir a meta, a distribuidora dispenderá no máximo o valor que ela já dispense atualmente no Programa de Eficiência Energética.

Com o desenvolvimento do mercado, a multa pode ter seu valor progressivamente aumentado, de forma que a distribuidora funcione como um vetor de formação de mercado, incentivando a realização de projetos em sua área de concessão, como já propõe a Resolução Normativa 556, de 2013, da ANEEL.

Propõe-se também que o valor auferido com eventuais multas seja direcionado para o PROCEL, linhas de financiamento para eficiência energética, ou centros de excelência em estudos para eficiência energética, de forma que financie direta ou indiretamente outras iniciativas relacionadas à eficiência energética.

3.1.9 Medidas elegíveis

A princípio não há restrições sobre os tipos de medidas ou tecnologias a serem aplicadas nos projetos de eficiência energética que darão origem aos *WhC's*. Basta apenas que os ganhos em eficiência energética no consumo de eletricidade oriundos desses projetos possam ser contabilizados por meio do Protocolo de Internacional de Medição e Verificação (M&V), no caso de serem aplicados em instalações pré-existentes.

3.1.10 Medição e Verificação

Para medição e verificação das economias de energia propõe-se aplicar o Protocolo Internacional de Medição e Verificação (PIMVP). Elaborado pelo *Department of Energy* (DOE) americano. Esse Protocolo fornece uma visão geral das melhores técnicas e práticas disponíveis nos E.U.A. voltadas para a avaliação dos resultados: (i) de eficiência energética; (ii) de eficiência de consumos de água; e (iii) de projetos de energias renováveis, e já tem sido aplicado pela ANEEL no âmbito do Programa de Eficiência Energética. A finalidade do PIMVP é facilitar a relação contratual entre os intervenientes aumentando a certeza, confiabilidade e nível de economia, permitindo reduzir os custos de transação, possibilitando também a redução dos custos de financiamento e fornecendo uma normalização da M&V (PEREIRA DA COSTA, 2009).

O protocolo define quatro abordagens de M&V. A diferença entre elas é no âmbito de aplicação e continuidade da verificação. As abordagens são designadas por opções de A a D.

Na opção A, ou medição parcial com *retrofit* isolado, é possível realizar a verificação de uma medida de eficiência energética isoladamente do sistema global. Alguns dos parâmetros podem ser estimados. Esta estipulação só é realizável se a soma dos erros de todas as medidas não afetar, de forma expressiva, as economias gerais declaradas. As medidas podem ser de curto prazo ou podem ser contínuas.

Na opção B, ou *retrofit* isolado, a medição da energia economizada é realizada na parte do sistema à qual foi aplicada a medida de eficiência energética, ou seja, separando o consumo energético da restante da instalação. A verificação pode ser de dois tipos, em curto prazo ou contínua.

Na opção C é realizada a medição de toda a instalação. A verificação pode ser em curto prazo ou contínua. A medição contínua é utilizada com mais frequência porque inclui a medição do consumo energético de toda a instalação, antes e após a implantação das medidas de eficiência. Para que sejam compreensíveis as variações de energia aleatórias que se encontram na medição de toda a instalação, a opção C destina-se a projetos de que se espera economias suficientemente elevadas. Por norma as economias devem ser superiores a 10% do consumo de energia do ano de referência.

A opção D, ou simulação calibrada, é baseada em simulações computacionais do consumo energético de toda a instalação ou de diversos equipamentos. A calibração da simulação, considerando a utilização da energia de um sistema através desta abordagem é bastante eficaz. Contudo, esta opção tem um custo elevado, pois requer consideráveis dados de entrada e competência dos peritos em matéria de calibragem ótima do consumo energético de determinado sistema (PEREIRA DA COSTA, 2009). O método e frequência de verificação das medidas de eficiência energética dependem das condições contratuais.

3.1.11 Metodologia de negociação: *White Certificates* transacionáveis ou não transacionáveis

Dos sistemas de *White Certificates* estudados, observa-se diversidade em relação à questão dos certificados serem transacionáveis ou não. Em alguns mercados não existem transações e em outros as transações acontecem de forma bilateral, num mercado de balcão organizado. Já na Itália, por exemplo, existe um mercado de balcão organizado. Na Grã-Bretanha os certificados não são negociáveis, mas as quantidades de energia economizada e a redução de emissão de gases de efeito estufa, sim. Os mercados em que as transações ocorrem em balcão ou bilaterais exigem maior controle do regulador. Um mercado de bolsa exige a existência de um local específico de negociação (informação verbal)².

Em *New South Wales*, por exemplo, existe um mercado de bolsa para *White Certificates*. No mercado de *New South Wales* existem três tipos de transação: à vista, a termo; por opções (RAP, 2012). O mercado à vista é o mercado para entrega imediata do certificado. O mercado a termo é para entrega do certificado numa data futura. No mercado de opções, paga-se ou se ganha-se um prêmio para obter o direito de comprar ou vender um certificado numa data futura de vencimento.

A vantagem de um mercado baseado em bolsa é que ele permite negociação rápida. Os lotes são padronizados, todos os ativos disponíveis já têm suas garantias asseguradas e os preços são resultado puramente de oferta e demanda. No mercado de balcão as transações ocorrem na forma de acordos bilaterais e alguns ajustes em torno do lote. Garantias podem ser necessárias tornando as negociações não tão rápidas, trazendo menor liquidez ao mercado.

A transparência pode trazer atratividade ao mercado, além de proporcionar uma base para o aparecimento e desenvolvimento de um mercado secundário. Propõe-se que as transações aconteçam na forma de mercado de balcão organizado no Brasil, por meio de uma plataforma eletrônica de negociação que pode ser desenvolvida pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por exemplo.

² Informação obtida em conversa com o professor Roberto Mayo autor do livro “Mercados de Energia”, em São Paulo.

3.1.12 Outras considerações a respeito da sistemática proposta

Não se considerou neste modelo alguma forma de incentivo de desempenho para as distribuidoras que ultrapassarem a meta uma ou mais vezes, e que estão presentes em alguns países. Sugere-se que esse tema seja alvo de estudos futuros, pois é um fator que pode aumentar o incentivo para a realização das ações relacionadas à eficiência. Como esse incentivo ocorre normalmente nas tarifas, há que se realizar estudo aprofundado sobre esse tema. Porém, esse não é o objetivo desta tese.

3.2 Síntese do sistema proposto

Dessa forma o sistema proposto nesta tese, teria como objetivos principais aumentar a atratividade financeira de projetos e medidas de eficiência energética, contribuir para a redução das barreiras a eficiência energética e, colaboraria, indiretamente, para redução de emissões de gases de efeito estufa e nos resultados de políticas ambientais.

Para tanto a autoridade que supervisionaria o sistema de *White Certificates* seria a ANEEL. A ANEEL trataria de delinear as bases do sistema, homologaria os projetos e as economias de energia, bem como as metodologias de M&V apresentadas pelos proponentes em linha com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação (PIMVP). A aprovação do projeto pela ANEEL permitiria a emissão do *White Certificate* na ocasião da conclusão do projeto.

Com o projeto concluído e homologado o proponente do projeto teria direito à emissão dos *White Certificates* pela CCEE os quais agora poderiam então ser negociados através de plataforma eletrônica disponibilizada pela mesma, que se encarregaria também de verificar que as economias de energia estão realmente ocorrendo, já que este órgão já faz a medição de energia negociada nos contratos do mercado livre de energia (ACL).

Como já dito anteriormente o sistema proposto se baseia em redução de consumo de eletricidade e dessa forma seriam incentivados projetos tanto de eficiência energética

quanto de geração distribuída, já que essas duas modalidades geram redução de consumo de energia proveniente das grandes usinas. O sistema proposto não restringe setores de forma a que os objetivos de eficiência energética possa ser alcançada mais facilmente. Se o sistema fosse restrito ao setor comercial ou, ao industrial ou ao residencial, por exemplo, poderiam se perder grandes oportunidades de redução de consumo presentes nos setores não privilegiados com a sistemática. Dessa forma propõe-se que os projetos elegíveis possam advir de quaisquer setores.

Do ponto de vista do funcionamento do sistema, as partes obrigadas, com metas a cumprir, serão as distribuidoras de energia, que terão que entregar a ANEEL, anualmente, uma quantidade de *White Certificates* equivalente à meta de redução estabelecida. A multa, por não cumprimento da meta, foi estabelecida em R\$ 150,00, desse modo a concessionária que não entregar a meta em *White Certificates* terá que o fazer em dinheiro no valor equivalente a quantidade que faltou para atingir a meta.

Os *White Certificates* serão transacionáveis de forma que quem possuir excedentes poderá negociá-los na CCEE. Da mesma forma um investidor que por algum motivo desejar comprar *White Certificates* para vendê-los posteriormente poderá fazê-lo. Dessa forma o sistema proposto poderá criar um mercado secundário.

Como uma das pretensões da criação desse mercado é a de alavancar o mercado de projetos de eficiência energética uma avaliação *ex-ante* das economias de energia, combinada com ajustes financeiros pós-medição parece ser a mais adequada para esse mercado. Ou seja, o potencial de redução será avaliado com base teórica e depois passará por medição anual. Se houverem diferenças o proprietário do projeto terá que fazer o ajuste financeiro, comprando *White Certificates*, no caso da economia de energia ser menor do que a preconizada, para dar garantias financeiras ao mercado.

3.3 Considerações finais do Capítulo 3

Neste capítulo foi delineada uma proposta de sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro. Estabeleceu-se a autoridade que supervisionará o sistema, as partes obrigadas, a meta, as medidas elegíveis, a forma de verificação, a forma de negociação, a multa por não cumprimento da meta e outros parâmetros do sistema. Verificou-se,

además, que a estrutura institucional já existente no setor elétrico pode ser aproveitada plenamente na nova sistemática.

Define-se como objetivo da política pública concretizado na implementação do sistema de *White Certificates* o incremento da atratividade financeira dos projetos e medidas de eficiência energética no Brasil e, também, a redução das barreiras à eficiência energética no país. Quanto às partes obrigadas, essas continuam sendo as distribuidoras de energia elétrica, só que agora com uma meta física de eficiência energética. A meta inicial é definida de modo a causar uma transição suave entre o sistema existente, PEE/ANEEL, e o sistema proposto, de forma a preservar o marco regulatório e a imagem do país frente à comunidade nacional e internacional de investidores.

A meta definida também está em linha com a meta de eficiência energética do governo para 2030. Já a multa definida, ela deve estar em linha com a meta e com a propensão a pagar por eficiência energética das distribuidoras, conforme visto neste capítulo. Há que se citar, por fim, que a meta definida está em linha com os potenciais disponíveis no país, de acordo com levantamentos da Empresa de Pesquisa Energética.

Capítulo 4 - Análise do incremento na atratividade dos projetos decorrentes da implementação do sistema de *White Certificates*

Neste capítulo serão realizadas análises do impacto da implementação no Brasil do mercado de *White Certificates* conforme proposto no capítulo anterior, sob o ponto de vista do aumento ou redução da atratividade financeira dos projetos. Serão avaliadas, também, algumas hipóteses contrárias ao sistema proposto e suas possíveis soluções.

Para analisar o impacto sobre a atratividade dos projetos que o sistema proposto teria, partir-se-á inicialmente da análise de alguns projetos de concessionárias de distribuição de energia elétrica dentro do âmbito do PEE/ANEEL, cujos dados são de domínio público. Em seguida serão analisados dados de levantamentos de projetos potenciais do setor industrial, e, por fim, de alguns projetos de geração distribuída.

4.1 Colocando o sistema proposto à prova

A partir do estabelecimento do valor da multa, estabelece-se um intervalo dentro do qual os preços dos *White Certificates* poderão variar. Desta forma, para iniciar as análises foram escolhidos três níveis de preço dentro da faixa entre 0 reais e o valor da multa (R\$ 150,00). Os preços escolhidos foram os preços dos *WhC's*, ou seja, de R\$ 50,00, R\$ 100,00 e R\$ 150,00. Esses preços foram escolhidos de forma *ad hoc*, somente para demonstrar o efeito da criação do mercado sobre os retornos dos projetos. Haja vista que em outros mercados os preços dos *White Certificates* exibem oscilações significativas, supõe-se ser possível que o preço desses títulos no mercado proposto oscilem entre vários patamares de preços, incluindo esses três níveis sugeridos para teste (**Figura 13**).

Figura 13 – Preços de *White Certificates* no mercado italiano 2010-2014

Fonte: Elaboração própria a partir de RAP, 2012.

Para simplificação das análises, analisar-se-á os fluxos de caixa para cada patamar de preço, sem transições de um preço para o outro ao longo da vida do *White Certificate*.

4.2 Simulações de *White Certificates* aplicados a projetos das distribuidoras

Analisando-se os projetos de eficiência energética que estão nas chamadas públicas da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), para o biênio 2015/2016 e considerando que a multa por não cumprimento da obrigação seja de R\$ 150,00, pode verificar-se que o retorno dos projetos tende a melhorar bastante com a venda da energia economizada nos primeiros cinco anos (**Figura 14**). No caso, foi considerada a análise *ex-ante* das economias de energia, e nesse caso não foi aplicada taxa de desconto, já que a receita com os *WhC's* ocorre no início no fluxo de caixa do projeto. Dessa forma, o investidor tem a chance de vender toda a energia a ser economizada logo que o projeto for concluído e de ele receber os *White Certificates* referentes à energia economizada.

O horizonte de tempo sugerido para a validade do certificado foi de cinco anos, devido a dois fatores: (1) o tempo de vida mínimo das tecnologias utilizadas; e (2) a exigência de tempos curtos para o retorno do investimento. Observou-se que os retornos aumentaram consideravelmente, sendo que se destaca um projeto cujo retorno inicial era de 10% e se

altera para 618%. O retorno considerado é o excesso de dinheiro em relação ao investimento, todos considerados no valor presente na data inicial.

Figura 14 – Incremento nos retornos para três níveis de preços
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Observa-se também que mesmo para o preço do *White Certificate* em R\$ 50,00, 90% dos projetos dobram seus retornos. Destaca-se ainda que metade deles tenha seus retornos triplicados (**Figura 15**).

Figura 15 – Incremento nos retornos para o preço de R\$ 50,00
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Das tipologias de projetos consideradas para a concessionária COPEL, observa-se que o tempo de vida mínimo das tecnologias é de cinco anos (normalmente uso final iluminação). Uma das barreiras relacionadas à eficiência energética é o tempo de retorno dos projetos que são considerados arriscados. Tempos menores são preferíveis, pois têm o mesmo efeito de taxas de desconto maiores conforme será explicado no capítulo 5 desta tese, com mais detalhes. Desta forma, optou-se por analisar o desempenho financeiro dos projetos no prazo de cinco anos.

Pode-se avaliar, também, o mesmo grupo de projetos da empresa COPEL do ponto de vista de impacto sobre a amortização do investimento. Neste caso, a avaliação é realizada sobre a porcentagem do fluxo de caixa gerado pela venda dos *White Certificates* com relação ao valor investido inicialmente (**Figura 16**). Observa-se que existem projetos em que o valor recebido pela venda dos certificados não chega a 100%, mas se aproxima muito (85%). Ressalta-se que essa análise está sendo realizada somente para os primeiro cinco anos do projeto. Para uma análise levando em consideração prazos de dez anos, pode-se concluir que para parte dos projetos (50% dos projetos no caso do preço de R\$150,00 para o *WhC*) a receita adicional, obtida com a venda dos certificados, os torna viáveis, ou seja, com VPL no mínimo igual a zero.

Figura 16 – Viabilização dos projetos

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Até esse momento as análises foram conduzidas considerando-se uma avaliação da energia economizada na forma *ex-ante*. Neste caso, não existem taxas de desconto a serem aplicadas sobre o fluxo de caixa. Para efeito de comparação, far-se-á agora,

também, uma análise para o caso dos certificados serem emitidos após medição da energia economizada, ou seja, numa perspectiva de avaliação *ex-post*. No caso de uma análise *ex-post* dos fluxos de caixa, se faz necessário à utilização de taxas de desconto para trazer a valor presente os fluxos de caixa futuros. Neste caso, para essas análises há que se definirem taxas de desconto a serem aplicadas. Propôs-se para essa análise utilizar a taxa referencial Selic, que é uma taxa de referência para investimentos no Brasil. Foi considerada a taxa de 14% ao ano (**Figura 17**).

Figura 17 – Incremento nos retornos (taxa 14%)
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Pode-se elucidar também que, 75% dos projetos, mesmo no menor preço de venda do certificado considerado, ainda contribuíram para dobrar o retorno aritmético do investimento (**Figura 18**).

Figura 18 – Incremento nos retornos (preço R\$50,00 e taxa de 14%)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Avaliou-se, também, o incremento no retorno dos projetos para o caso de uma taxa de desconto de 41% que é equivalente a se ter um *payback* simples de dois anos (**Figura 19**). Ressalta-se que a taxa de 41% está em linha com estudos anteriores sobre taxas de desconto implícitas em projetos de eficiência energética (SANSTAD *et al.*, 2004). No referido estudo, o autor conclui que taxas em torno de 30% são utilizadas como taxas de desconto para avaliar projetos de eficiência energética. A utilização desta taxa de desconto encontra sintonia nos períodos de *payback* que são praticados pelas empresas no Brasil para aceitação de projetos em geral, no prazo de dois anos (informação verbal)³.

³ Informação recebida de Patrick Silva da empresa BASF durante XIII COBEE em São Paulo.

Figura 19 – Incremento nos retornos (taxa de 41%)
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Destaca-se como resultado interessante que mesmo para o menor valor de preço do *White Certificate*, o retorno de 50% dos projetos dobra em relação ao retorno inicial sem a venda dos *White Certificates* (Figura 20).

Figura 20 – Incremento nos retornos (preço R\$50,00 e taxa de 41%)
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados da COPEL, 2016.

Nesta mesma linha de explorar projetos do PEE cujos dados são públicos, optou-se por analisar dados de projetos da concessionária CEMIG. A CEMIG tem projetos de eficiência energética, no âmbito do PEE, focados em algumas tipologias bem definidas, como iluminação em hospitais, autoclaves em hospitais, energia solar em hospitais, substituição de sistemas de irrigação, campanhas de economia de energia nas escolas, substituição de lâmpadas e geladeiras nas comunidades, entre outros. Foram selecionados para a análise alguns projetos de alguns desses programas da CEMIG para avaliar o impacto que um mercado de *White Certificates* poderia produzir sobre os retornos dos projetos.

No caso dos projetos de iluminação em hospitais, pode-se destacar que a possibilidade de transformar a energia economizada em *White Certificates* tem impacto significativo. Para os projetos selecionados, num horizonte de análise de cinco anos, considerando a análise *ex-ante*, o impacto da venda dos *White Certificates* a um preço médio de R\$ 150,00 pode dobrar ou mais que dobrar as taxas internas de retorno, bem como causar redução média de um ano no tempo de *payback* simples dos projetos, reduzindo dessa forma o risco conjuntural (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Análise dos projetos de sistemas de iluminação em hospitais

Hospital	Investimento (R\$)	Economia de dinheiro (R\$)	MWh/ano economizado	Receita WhC (5 anos)	TIR s/ WhC	TIR c/ WhC	Payback simples s/WhC	Payback simples c/WhC
1	24.104,00	7.900,00	27,69	20.767,50	19%	41%	3 anos	2 anos
2	16.500,00	5.200,00	18,22	13.665,00	17%	39%	3 anos	2 anos
3	236.253,04	60.970,00	180,8	135.600,00	9%	25%	4 anos	3 anos
4	211.800,00	58.600,00	174,8	131.100,00	12%	29%	4 anos	3 anos
5	149.000,00	26.000,00	88,92	66.690,00	-4%	10%	maior que 5 anos	4 anos

Fonte: Elaboração própria a partir de CEMIG, 2016.

Destaca-se, também, o projeto de irrigação em Jaíba que está sendo realizado pela distribuidora CEMIG. Nesse projeto os sistemas de irrigação existentes estão sendo substituídos por outros mais eficientes do ponto de vista de consumo energético.

Sabendo-se que os dados do referido projeto são os seguintes:

Investimento = R\$ 19.000.000,00

Economia (R\$/ano) = 4.615.278,25

Economia de energia (MWh/ano) = 11.056

E utilizando-se os dados acima, numa projeção de cinco anos, obtém-se que tal projeto teria uma taxa interna de retorno (TIR) de 7%. O benefício financeiro que poderia ser obtido com a negociação de *White Certificates* para esse projeto seria o seguinte:

- (i) para o *White Certificate* negociado a R\$ 50,00, a TIR aumentaria para 11%;
- (ii) se eles fossem negociados a R\$ 100,00, a TIR aumentaria para 15%, ou seja, mais que dobraria; e,
- (iii) se os *White Certificates* obtidos fossem negociados a R\$ 150,00, a TIR aumentaria para 19%.

Frisando-se que essa análise acima foi realizada apenas para os cinco primeiros anos da vida do projeto.

Destaca-se também que a distribuidora CEMIG realizou substituição de autoclaves em diversos hospitais com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica. Tais projetos também apresentam grande melhoria na sua atratividade financeira, destacando-se que a TIR dos mesmos, quando considerada a possibilidade de venda dos *WhC's*, chega a se alterar para um valor quase três vezes maior do que o valor inicial que era de 7% (**Tabela 4**).

Tabela 4 – Análise dos projetos com autoclave em hospitais

Hospital	Investimento (R\$)	Economia de dinheiro (R\$)	MWh/ano economizado	Receita WhC (5 anos)	TIR s/ WhC	TIR c/ WhC	Payback simples s/WhC	Payback simples c/WhC
1	260.820,00	62.400,00	144,36	108.270,00	6%	18%	4 anos	3 anos
2	260.820,00	71.900,00	234,8	176.100,00	12%	30%	4 anos	2 anos
3	391.230,00	105.200,00	312	234.000,00	11%	27%	4 anos	3 anos
4	294.730,00	78.701,32	59,9	44.925,00	10%	15%	4 anos	3 anos
5	286.000,00	85.223,00	286,15	214.612,50	15%	35%	3 anos	2 anos

Fonte: Elaboração Própria a partir de CEMIG, 2016.

4.3 Simulações de *White Certificates* aplicados a projetos na indústria

No trabalho PROCEL 2010, realizado pelo PROCEL em conjunto com a Confederação Nacional da Indústria (CNI) (PROCEL/CNI, 2010), foram avaliados projetos de eficiência energética na indústria em 18 estados brasileiros. Foi obtido um perfil dos custos dos projetos, potenciais de efficientização e médios por região, além de outros dados. Observa-se, analisando os dados obtidos pelo estudo realizado, que o custo

médio do MWh/ano economizado variou de R\$ 161,95 a R\$ 519,00 dependendo da região do país considerada (**Tabela 5**). Como a sistemática proposta tem âmbito nacional, a diversidade de custos por região pode enriquecer o mercado, trazendo diferentes propensões a pagar pela eficiência energética, de forma que todos possam ser beneficiados por essa diversidade. Além disso, destaca-se que para as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, os preços estavam muito próximos de R\$ 150,00. Se considerarmos que o valor destes projetos pode ser corrigido pelo índice Geral de Preços ao Mercado (IGP-M), e, que de 2010 a 2016 a variação do índice ficou em torno de 50%, mesmo para os valores corrigidos, o valor de R\$ 150,00 ainda representa aproximadamente 2/3 de retorno sobre os custos dos projetos.

Tabela 5 – Custos dos projetos de eficiência energética para indústria por região do país

Região	Energia economizada (GWh/ano)	Investimento (1000 R\$)	Custo da energia Economizada (R\$/MWh/ano)
Sul	26	6.355	244,42
Sudeste	367	107.568	293,10
Nordeste	103	16.681	161,95
Centro-Oeste	126	29.358	233,00
Norte	2	1.038	519,00
Total	626	161.000	257,19

Fonte: Elaboração Própria a partir de CNI, 2010.

Segundo a ABRADÉE, o custo da energia elétrica para indústria estava variando entre R\$ 229,49 e R\$ 489,18, em maio de 2016 (ABRADÉE, 2016). Embora esse seja um espectro bem amplo, observa-se que existe uma grande concentração de valores entre R\$ 300,00 e R\$ 400,00 por MWh, nas tarifas cobradas por 63 distribuidoras, para aquele ano (**Figura 21**).

Figura 21 – Tarifas para classe industrial (R\$/MWh), 63 distribuidoras

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRADÉE, 2016.

Desta forma, pode-se concluir que se o preço do certificado oscilar entre R\$ 100,00 e R\$ 150,00, o retorno adicional obtido com a negociação do certificado será bastante relevante, pois o MWh/ano economizado custará algo em torno de R\$ 200,00 e R\$ 400,00. Assim, a energia economizada gerará receitas adicionais que representarão entre 25 a 75% a mais no fluxo de caixa livre do projeto.

Dentro do mesmo estudo da CNI/PROCEL de 2010, vale ainda observar que a maioria dos projetos se refere à cogeração ou modificação de equipamentos ou processos. Merece destaque o maior projeto de cogeração, identificado no setor sucroalcooleiro (**Figura 22**). Para um investimento de 26 milhões de reais obteve-se redução de consumo de energia elétrica de 112 GWh/ano. Por meio de cálculo rápido com o preço médio de R\$ 100,00 para o *White Certificate*, representando o MWh/ano economizado, constata-se que se obteria, em um ano, 11,2 milhões de reais, ou seja, o projeto se pagaria em dois anos, apenas com a receita da negociação dos *White Certificates* obtidos.

Figura 22 – Projetos de eficiência energética indústria

Fonte: CNI/PROCEL, 2010.

Ampliando-se o retângulo vermelho em destaque na Figura 22, pode-se observar que para uma grande quantidade de projetos analisados, a negociação de *White Certificates* pode amortizar, no mínimo, 10% do valor do investimento, o que melhora bastante o retorno dos projetos.

Figura 23 – Projetos de eficiência energética indústria (detalhe)

Fonte: CNI/PROCEL, 2010.

Há que se observar, em relação a esses números, que o valor dos investimentos não contempla os custos de análises (auditorias energéticas), já que essa análise foi realizada

pelo PROCEL. Autores como Mundaca e Neij (2007), estimaram os custos de transação, que englobam os custos de análise e outros custos, relacionados à produção de *White Certificates* entre 10 e 30% do valor dos investimentos. Esses custos de auditorias energéticas estão inclusos dentro dos custos de transação. Há que se observar que essa estimativa de custos foi realizada dentro de um mercado de eficiência energética mais amadurecido, que é o mercado europeu. No mercado brasileiro esses custos possivelmente seriam maiores no início. Para simplificar a análise, considera-se que dentro dos custos de transação metade deles sejam representados por custos referentes a auditorias energéticas e supor-se-á amadurecimento do mercado. Desta forma, pode-se considerar que esses custos variariam entre 5 e 15% do valor do investimento dos projetos, o que não altera muito a atratividade dos projetos obtida com a negociação dos *White Certificates*.

Por exemplo, se para um dado projeto o valor do investimento foi de 5 milhões de reais, obtendo-se uma economia de energia elétrica anual de 1.000 MWh/ano. Obtendo-se *White Certificates* referentes à energia economizada e vendendo-os no mercado a 100 reais obter-se-á uma receita de 100 mil reais por ano. Considerando análise *ex-ante* para os primeiros cinco anos do projeto poder-se-ia vender 500 mil reais em *White Certificates* que representam 10% do valor investido. Se o valor investido mudar em 10% para cinco milhões e quinhentos mil reais o valor de quinhentos mil reais passa a representar 9,1% do investimento, que é da mesma ordem de grandeza dos 10% do valor investido, obtido anteriormente.

Outros dados obtidos desse estudo foram o custo médio dos projetos e energia economizada por setor da economia. Observando-se esses dados, conclui-se também que a negociação de *White Certificates* terá impacto bastante positivo a respeito dos retornos dos projetos, pois só energia economizada vendida sob a forma de *White Certificates*, ao preço médio de cem reais, nos primeiros cinco anos do projeto, já amortizaria o investimento total (**Tabela 6**).

Tabela 6 – Custos de projetos de eficiência energética por setor e efeito dos WhC's

Setor	MWh/ano	R\$	R\$/MWh/ano	Receita WhC
Alimentos e Bebidas	40.934	12.640.522	308,80	R\$ 20.467.000,00
Químico	128.397	22.654.056	176,44	R\$ 64.198.500,00
Têxtil	7.090	3.904.561	550,71	R\$ 3.545.000,00
Siderurgia	146.194	58.658.853	401,24	R\$ 73.097.000,00
Metalurgia	30.982	6.003.337	193,77	R\$ 15.491.000,00
Automotivo	11.841	5.700.285	481,40	R\$ 5.920.500,00
Papel e Celulose	12.882	2.318.733	180,00	R\$ 6.441.000,00
Couro	2.487	1.110.720	446,61	R\$ 1.243.500,00
Mineração não metálicos	2.623	1.233.242	470,16	R\$ 1.311.500,00
Mineração (metálicos)	62.644	2.856.668	45,60	R\$ 31.322.000,00
Cerâmico	1.222	1.421.863	1163,55	R\$ 611.000,00
Fundição	2.307	559.888	242,69	R\$ 1.153.500,00
Outros	176.423	41.937.117	237,71	R\$ 88.211.500,00
média =			376,82	

Fonte: Elaboração própria a partir de CNI/PROCEL, 2010.

Dessas primeiras análises, pode-se concluir que o *potencial de mercado* da eficiência energética, em que os projetos são avaliados segundo taxas de desconto maiores, aumentará (**Figura 24**). Isto pode representar um grande ganho de potencial de eficiência energética, haja vista que só restaria explorar o *potencial técnico*, que é o potencial no qual existem medidas e projetos que não exibem atratividade financeira e que só podem ser atingidos por outros mecanismos, como normatização e resoluções de comando e de controle.

Considerando a análise para 10 anos de validade do *White Certificate*, no caso de 39 projetos da empresa concessionária de distribuição de energia elétrica COPEL, para o preço de venda de R\$150,00, por exemplo, observou-se que o potencial econômico pode ser extrapolado para o potencial teórico, pois a implantação do sistema de *White Certificates* pode viabilizar financeiramente uma série de projetos considerados inicialmente, inviáveis por este ponto de vista. A seguir analisar-se-ão os impactos sobre o sistema de geração distribuída FV e eólico.

Figura 24 – Potenciais de eficiência energética
Fonte: EPE, 2015

4.4 Simulação de *White Certificates* aplicados à geração distribuída (FV e eólica)

Para projetos de geração distribuída, a implantação de um mercado de *White Certificates* podem gerar incentivos relevantes do ponto de vista financeiro. Como exemplo, pode-se citar o projeto de geração distribuída no Instituto de Energia e Ambiente da USP (IEE/USP). O IEE conta com quatro usinas de geração solar fotovoltaica. Os sistemas são os seguintes:

- CRPV – Sistema sobre o prédio da administração do IEE
- BIPV – Estacionamento do IEE
- CTPV – Sistema sobre o gramado no IEE
- BAPV – Sistema sobre o prédio da biblioteca Brasileira

A geração mensal e anual, em MWh/ano, de cada sistema, pode ser vista na **Tabela 7**.

Tabela 7 – Sistemas de geração fotovoltaica no IEE/USP – geração de energia

Período	EIPV(W)	EAPV(W)	CTPV(W)	CRPV(W)	Total(W)
mai/15	12,21	12,45	12,86	5,41	42,93
jun/15	12,46	12,69	13,56	6,50	45,21
jul/15	11,45	11,92	11,94	5,76	41,07
ago/15	17,37	17,11	17,73	9,24	61,45
set/15	13,69	13,40	14,99	7,33	49,41
out/15	16,45	16,36	16,58	7,57	56,96
nov/15	13,40	13,58	13,36	6,37	46,71
dez/15	16,07	16,49	16,02	7,75	56,33
jan/16	16,01	17,04	16,00	7,76	56,81
fev/16	15,74	17,00	15,84	7,51	56,09
mar/16	15,97	16,75	17,44	8,06	58,22
abr/16	16,64	17,74	13,58	8,68	56,64
Totais	177,46	182,53	179,90	87,94	627,83

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE/USP, 2016.

Para esses sistemas a base de geração fotovoltaica ilustrados acima, uma análise de curto prazo (cinco anos) não resulta em grande benefício, pois o retorno se dá em muito longo prazo. Por exemplo, para uma das usinas de geração fotovoltaica instaladas no IEE/USP (BIPV), considerando o volume de energia gerado de 177,47 MWh/ano, e *White Certificate* a R\$ 100,00, resulta numa receita de R\$ 17.747,00. Considerando análise *ex-ante* para cinco anos, teremos um valor de receita total de R\$ 88.735,00 frente a R\$ 1.332.000,00 investidos, o que representa 15% do investimento total. Porém num horizonte de 25 anos, que é a vida esperada para uma usina desse tipo esse valor vai para 75% do investimento realizado, já quase garantindo o *payback* do investimento, mesmo sem considerar a economia na conta de energia. Isso sinaliza que, para muitos projetos, a negociação de *White Certificates* pode viabilizar e tornar mais atrativo o investimento em energias renováveis.

Tabela 8 – Sistemas de geração fotovoltaica no IEE/USP – investimento

Usina	Investimento (R\$)
CRPV	450.840
BIPV	1.332.000
BAPV	1.007.760
CTPV	948.480

Fonte: Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE/USP, 2016.

Outro tipo de sistema que pode ser avaliado no âmbito de geração distribuída é o caso de uma microturbina eólica de 2,4 KW. Uma simulação realizada para essa turbina eólica de pequeno porte, que pode ser utilizada num sistema de microgeração distribuída, demonstrou que a implantação de um sistema de *White Certificates* pode colaborar bastante na viabilização de um investimento desse tipo. Obteve-se para essa turbina, montada a 42 metros de altura, uma energia gerada anual de 8,71 MWh (a simulação foi realizada supondo-se a turbina instalada numa localidade a 600 km da cidade de Salvador, na Bahia).

Nesse caso vamos analisar o *White Certificate* negociado ao valor máximo de R\$ 150,00 e receita gerada ao longo da vida útil de 25 anos da turbina, resultando em R\$ 32.662,50. O valor investido para montagem dessa usina é de R\$ 143.437,70. Ou seja, a receita obtida com a venda do *White Certificate* representa 22,8% do investimento, o que mesmo somado ao benefício na conta de energia R\$ 65.325,00 (considerando 0,30 o KWh), ainda é insuficiente para viabilizar o projeto.

O custo desse sistema eólico está distribuído da seguinte forma (cotação do dólar = R\$ 3,27):

Tabela 9 – Custos de sistema aerogerador de 2.4 kW

Item	Custo (R\$)
aerogerador	63978,26
torre 46m	58133,33
instalação	21326,09
Total =	143437,7

Fonte: Elaboração própria, 2016.

Pode-se destacar ainda, projeto de geração distribuída com geração fotovoltaica em fachada de vidro de edifício (SANTOS, 2015). Um projeto de geração distribuída utilizando tecnologia um filme para revestimento de vidros de fachadas de prédios que atua como gerador fotovoltaico, também denominado BIPV (*Buildings Integrated Photovoltaics*). Na análise realizada da implantação do projeto chega-se ao seguinte fluxo de caixa:

Tabela 10 – Fluxo de caixa de projeto de BIPV

Ano	Valor	Valor acumulado
0	-R\$ 1.584.587,77	-R\$ 1.584.587,77
1	R\$ 547.026,02	-R\$ 1.037.561,75
2	R\$ 547.026,02	-R\$ 490.535,73
3	R\$ 547.026,02	R\$ 56.490,29
4	R\$ 547.026,02	R\$ 603.516,31
5	R\$ 547.026,02	R\$ 1.150.542,33
6	R\$ 547.026,02	R\$ 1.697.568,35
7	R\$ 547.026,02	R\$ 2.244.594,37
8	R\$ 547.026,02	R\$ 2.791.620,39
9	R\$ 547.026,02	R\$ 3.338.646,41
10	R\$ 295.026,03	R\$ 3.633.672,44
11	R\$ 547.026,02	R\$ 4.180.698,46
12	R\$ 547.026,02	R\$ 4.727.724,48
13	R\$ 547.026,02	R\$ 5.274.750,50
14	R\$ 547.026,02	R\$ 5.821.776,52
15	R\$ 547.026,02	R\$ 6.368.802,54
16	R\$ 547.026,02	R\$ 6.915.828,56
17	R\$ 547.026,02	R\$ 7.462.854,58
18	R\$ 547.026,02	R\$ 8.009.880,60
19	R\$ 547.026,02	R\$ 8.556.906,62
20	R\$ 295.026,03	R\$ 8.851.932,65
21	R\$ 547.026,02	R\$ 9.398.958,67
22	R\$ 547.026,02	R\$ 9.945.984,69
23	R\$ 547.026,02	R\$ 10.493.010,71
24	R\$ 547.026,02	R\$ 11.040.036,73
25	R\$ 547.026,02	R\$ 11.587.062,75

Fonte: Santos, 2015.

Observando-se que foi prevista a troca de todos os inversores no ano 10 e no ano 20. A energia economizada em ar condicionado foi avaliada em 722,51 MWh/ano e a geração de eletricidade foi avaliada em 194,88 MWh/ano. Dessa forma se fossem gerados *White Certificates* e negociados ao preço de R\$ 100,00, o fluxo de caixa livre do projeto seria

acrescido de R\$ 91.739,00. Desta forma, o novo fluxo de caixa do projeto seria o seguinte:

Tabela 11 – Fluxo de caixa com venda de *WhC's*

Ano	Valor	Valor acumulado
0	-R\$ 1.584.587,77	-R\$ 1.584.587,77
1	R\$ 638.765,02	-R\$ 945.822,75
2	R\$ 638.765,02	-R\$ 307.057,73
3	R\$ 638.765,02	R\$ 331.707,29
4	R\$ 638.765,02	R\$ 970.472,31
5	R\$ 638.765,02	R\$ 1.609.237,33
6	R\$ 638.765,02	R\$ 2.248.002,35
7	R\$ 638.765,02	R\$ 2.886.767,37
8	R\$ 638.765,02	R\$ 3.525.532,39
9	R\$ 638.765,02	R\$ 4.164.297,41
10	R\$ 386.765,03	R\$ 4.551.062,44
11	R\$ 638.765,02	R\$ 5.189.827,46
12	R\$ 638.765,02	R\$ 5.828.592,48
13	R\$ 638.765,02	R\$ 6.467.357,50
14	R\$ 638.765,02	R\$ 7.106.122,52
15	R\$ 638.765,02	R\$ 7.744.887,54
16	R\$ 638.765,02	R\$ 8.383.652,56
17	R\$ 638.765,02	R\$ 9.022.417,58
18	R\$ 638.765,02	R\$ 9.661.182,60
19	R\$ 638.765,02	R\$ 10.299.947,62
20	R\$ 386.765,03	R\$ 10.686.712,65
21	R\$ 638.765,02	R\$ 11.325.477,67
22	R\$ 638.765,02	R\$ 11.964.242,69
23	R\$ 638.765,02	R\$ 12.603.007,71
24	R\$ 638.765,02	R\$ 13.241.772,73
25	R\$ 638.765,02	R\$ 13.880.537,75
TIR =		29%

Fonte: Elaboração própria a partir de Santos, 2015

4.5 Teste de *stress* frente a eventuais problemas

Embora a sistemática proposta aumente a atratividade financeira dos projetos e medidas de eficiência energética, por vários motivos, pode acontecer de que a criação do mercado não atingir o objetivo de incentivar o desenvolvimento de projetos

relacionados à eficiência energética. Em última instância, pode-se dizer que muitas dessas decisões dependem de uma decisão empresarial que, por vários motivos, pode não acontecer a favor da implantação de projetos de eficiência energética. Desta forma, esse item trata de algumas hipóteses contra o mau funcionamento do mercado e propõe soluções.

4.5.1 Potencial de eficiência energética aquém do esperado

No caso do potencial de eficiência energética ser aquém do esperado, ou seja, de haver menos projetos do que o necessário para atingir metas, a concessionária terá dois caminhos a seguir: ou a própria concessionária distribuidora faz os projetos ou ela simplesmente paga a multa. Como a multa inicialmente foi dimensionada de acordo com a verba disponível para o PEE/ANEEL, a concessionária não terá despesas adicionais além da sua previsão de gastos.

Do ponto de vista do sistema, haverá uma perda inicial em eficiência que será compensada a posteriori, pois as multas serão direcionadas para o PROCEL, ou fundos específicos de financiamento, ou centros de excelência em eficiência energética. Essa verba será revertida em ações de eficiência energética.

No caso do não aparecimento dos projetos, pode haver dois motivos: o potencial de eficiência energética é menor do que o esperado realmente, o que demandaria um ajuste das metas a serem cumpridas, ou o sistema proposto não está sendo capaz de gerar incentivos para que os projetos apareçam. Neste segundo caso, é possível que algumas barreiras não estejam sendo vencidas para que eles apareçam. Então, se poderia estimular a própria concessionária a atuar como um vetor de formação de mercado. Esse estímulo poderia ser feito via aumento da multa por não cumprimento.

No caso da multa aumentar, a concessionária terá por preferência estimular o aparecimento de projetos na sua área de concessão, não pagando multa. A multa, de valor mais alto do que o proposto anteriormente, implicará em gastos adicionais agora em relação à situação anterior, em que a multa estava calibrada em relação ao montante financeiro dispendido no PEE/ANEEL. O valor da multa, dimensionado no início do mercado, alinhava os gastos com o programa anterior aos gastos do programa proposto.

Um aumento na multa implica em dispêndio financeiro adicional que é prejudicial à concessionária de distribuição.

4.5.2 Projetos de eficiência energética com preços muito altos

No caso de não haver potencial de eficiência energética para projetos com custos menores do que R\$ 1.000,00/MWh/ano economizado, por exemplo, o governo pode rever a meta de eficiência, de modo a possibilitar que os *White Certificates* possam ser negociados a preços maiores, de modo a incentivar a implantação dos projetos. Por exemplo, se alterar a meta para 0,2% ao ano de eficientização sobre o consumo da distribuidora, podemos inferir que o preço de partida dos certificados estará em torno de R\$ 450,00, o que representa metade do custo do MWh/ano economizado. Desta forma, o incentivo ainda continua relevante e a meta ainda é superior ao que é atingido nos dias atuais.

Há que se levar em consideração, também, que se os preços dos projetos estiverem muito altos é mais prudente construir usinas, já que o custo marginal de expansão no ano de 2016 foi estabelecido em R\$ 193,00/MWh ano gerado. Nesse caso, segundo Januzzi & Swischer (2004), é melhor construir usinas.

4.5.3 Incerteza da medição da energia economizada atribuída ao projeto

Devido a fatores como eventos climáticos, comportamento do usuário, mau dimensionamento da carga, falta de precisão a respeito do real potencial de redução de consumo de determinadas tecnologias, entre outros, um projeto pode gerar redução de consumo aquém do esperado. Desta forma, há que se atribuir uma determinada incerteza frente à implantação de uma medida de eficiência energética. Há que se estabelecer um fator para cada tipo de projeto, de forma que a economia que vai ser declarada no *White Certificate* tenha uma margem de segurança, para que o mercado não quebre por falta

de lastro, ou seja, não seja vendida mais energia economizada do que a que realmente existirá. Para a avaliação *ex-ante* é interessante que a economia de energia prevista esteja muito próxima da que será medida ao final de cada ano. Mesmo porque o vendedor do *White Certificate* ficará responsável pelo cumprimento financeiro do contrato, ou seja, se a medição da energia economizada ficar menor do que o previsto, o gerador do *White Certificate* deverá aportar valor financeiro idêntico à diferença em cotação corrente deste.

Alguns tipos de projeto reconhecem muito bem o retorno em energia economizada, mas outros nem tão bem assim. Uma solução encontrada em *New South Wales*, por exemplo, foi adicionar 0,8% na taxa de desconto de projetos que exibem maior risco de economia de energia, como já citado anteriormente.

4.5.4 Desafios para o mercado funcionar

Embora estejamos falando de um mecanismo de mercado, pode-se dizer que o sistema de *White Certificates* tem forte cunho regulatório. Para questões regulatórias, no Brasil, há que se dar um tempo para que os agentes se adequem a novos sistemas. Existe um forte apelo, por parte dos agentes do mercado de energia elétrica, para que decisões desse tipo sejam tomadas com transparência e para que seja dado tempo para os agentes se adequarem a novas regras (ENERGY RISK MANAGEMENT, 2016).

Desta forma, para iniciar um mercado de *White Certificates* no Brasil, há que se anunciar muito tempo antes como o mercado vai funcionar, quais são as regras, os participantes e tudo o mais, seguindo-se de discussões preliminares com os agentes a fim de ajustar eventuais discrepâncias e iniciar o mercado propriamente dito. Dado esse tempo preliminar, se o mercado não iniciar, pode-se verificar se alguma outra hipótese constante no item 3.3.3, não está sendo atendida.

4.5.5 Importância de estabelecer um mercado

Pode-se considerar, em princípio, que uma alternativa à implantação do sistema de *White Certificate* seria estabelecer um preço para a concessionária comprar projetos de

eficiência energética realizados por terceiros, por exemplo, de R\$ 180,00 o MWh por ano economizado, como já visto. Neste caso, a concessionária estimularia o surgimento dos projetos comprando-os por esse preço. Tal alternativa seria semelhante ao proposto sistema aqui proposto com vantagens também em relação ao sistema vigente no PEE da ANEEL. Entretanto, neste caso não haveria um mercado.

A vantagem de se estabelecer um mercado é que as oscilações de preços atraem investidores e levam à melhor a eficiência operacional de cada um dos empreendedores participantes. Por outro lado, oscilação de preços propiciada pelo mercado de títulos de eficiência energética facilita também a comunicação com outros mercados, atraindo investidores que aplicam em títulos nos mercados de energia, financeiro, de commodities em geral, aumentando a liquidez e o *funding* para projetos de eficiência energética.

Do ponto de vista do mercado financeiro, a comunicação pode estabelecer oportunidades de financiamento aos projetos, com a possibilidade de surgimento de um mercado secundário. Quanto ao mercado de energia e acionário, podem surgir operações casadas, já que a posição de comprar eficiência energética é idêntica à posição de vender energia elétrica.

No mercado acionário também existem possibilidade de operações casadas, já que o setor elétrico, dentro do Ibovespa, ocupa lugar de destaque, havendo até um índice próprio deste setor. Muitos fundos de dividendos têm em suas carteiras empresas do setor elétrico por serem historicamente boas pagadoras de dividendos (SANTANDER, 2016; ANBIMA, 2016). Neste caso, haveria interesse em posições em energia ou eficiência energética. Assim, a vantagem do estabelecimento de um mercado se sobrepuja à alternativa do estabelecimento da compra direta de projetos de eficiência energética a preço fixo, imposta pelo regulador à concessionária.

4.6 Considerações finais do Capítulo 4

Das análises de atratividade dos projetos, realizadas neste capítulo, pode-se concluir em linhas gerais que a negociação dos *White Certificates* tende a trazer benefícios relevantes para a promoção da eficiência energética no país. Para um preço médio de R\$

150,00, do *White Certificate*, e considerada a tarifa de energia elétrica em torno de R\$ 350,00 o MWh, pode-se esperar que as taxas internas de retorno dos projetos pelo menos dobrem em relação aos valores sem o sistema proposto, considerando o prazo de validade do certificado de 5 anos. Desta forma, pode-se concluir que o *potencial de mercado* da eficiência energética, em que os projetos são avaliados segundo taxas de desconto maiores, aumentará.

Já no caso dos sistemas de geração distribuída com FV e eólico, observou-se que o impacto sobre a atratividade financeira se dá principalmente na viabilidade dos projetos e na diminuição do tempo de *payback*. Observa-se também a necessidade de que o *White Certificate* tenha um prazo de validade maior para gerar um maior incentivo para implantação desses tipos de projeto.

Capítulo 5 - Análise do sistema de *White Certificates* proposto do ponto de vista da redução das barreiras à eficiência energética

As barreiras à eficiência energética são um problema mundial. Países da América Latina, por exemplo, enfrentam diversas barreiras para atingirem certos níveis de eficiência energética, que pode se dizer que são muito tímidos frente a metas atingidas em países mais desenvolvidos economicamente (OLADE, 2015).

Os projetos de eficiência energética, no Brasil e em toda América Latina, encontram vários entraves que precisam ser resolvidos para permitir que os potenciais de eficiência sejam explorados de forma satisfatória. McClymont (BID, 2014) destaca que as vendas dos projetos de eficiência energética são difíceis, pois o empresário tem que investir em algo que não é o seu negócio principal.

O mesmo McClymont, 2014, destaca ainda, dois motivos pelos quais os bancos relutam em financiar projetos dessa natureza: a necessidade de uma análise de engenharia, além da análise financeira do projeto; o perfil dos projetos que se caracterizam por pequenas somas que são emprestadas por um período longo de tempo, sendo que os bancos preferem emprestar grandes quantias por pequenos espaços de tempo.

Autores como Gillingham (2009) e O'Malley *et al.* (2003), entre outros, se preocuparam em definir e classificar as barreiras à eficiência energética em nível mundial. A seguir, passa-se a se descrever as barreiras à eficiência energética, identificadas em nível mundial, e a análise do efeito que o sistema proposto pode ter sobre cada barreira.

5.1 Barreiras à eficiência energética e impacto do sistema proposto

Uma barreira para eficiência energética é um mecanismo que inibe o investimento em tecnologias que são, ao mesmo tempo, eficientes do ponto de vista energético e

“aparentemente” custo-efetivas para um potencial investidor nessas tecnologias. Aparentemente, porque existem fatores como os custos ocultos, ou os riscos, que podem diminuir os retornos relacionados à tecnologia, e que nem sempre podem ser mensurados. Desta forma, as análises, em geral, estão acometidas de incerteza nem sempre determinável.

De forma geral, as barreiras que evitam que todo potencial disponível de eficiência energética seja explorado de forma satisfatória, podem ser vistas sob três aspectos: em dimensão econômica; em dimensão comportamental; sob o ponto de vista da teoria das organizações. Em dimensão econômica elas ainda podem ser divididas entre aquelas que estão relacionadas às falhas de mercado, aquelas não relacionadas às falhas de mercado. Em dimensão comportamental, podem ser divididas entre aquelas relacionadas à racionalidade limitada e outras relacionadas à dimensão humana (O'MALLEY *et al.*, 2003).

5.1.1 Barreiras econômicas não relacionadas às falhas de mercado

Dentro da dimensão econômica das barreiras, as que não são relacionadas a falhas de mercado são as seguintes: heterogeneidade; custos ocultos; acesso ao capital e risco. A heterogeneidade diz respeito à avaliação particular que cada agente faz de uma medida ou tecnologia, relacionada à eficiência energética. Existem medidas ou tecnologias que na média são custo-eficazes, porém em casos particulares podem não ser. Neste caso, supor que todos vão aderir à medida ou tecnologia pode não ser verdadeiro, ou seja, numa estimativa as contas deveriam ser feitas considerando as particularidades de cada usuário, o que nem sempre acontece de forma precisa. Uma consequência disso é que a estimativa de potenciais de eficiência energética pode não ser real para uma dada medida ou tecnologia.

Existem custos associados aos projetos de eficiência energética que nem sempre são levados em consideração como, por exemplo, os custos associados ao gerenciamento/treinamento do pessoal, custos de pesquisa, análise e aplicação das informações, etc. Este fato conduz a uma estimativa do potencial de eficiência energética maior do que a realidade, provocando distorções. Os custos de transação,

como já citado anteriormente podem ser colocados dentro desse grupo. Tem-se a impressão de haver um potencial de eficiência energética aonde não há. Esses custos são conhecidos como custos ocultos, ou seja, custos que realmente existem, mas são negligenciados em análises menos rigorosas. Os custos ocultos são o principal argumento contra a existência de um *gap* de eficiência energética.

A ideia de que existe um *gap* de eficiência energética está ligada a questão de que existe uma diferença entre o potencial de eficiência energética teórico, dada todas as tecnologias e medidas disponíveis no momento, e o potencial que efetivamente se tem num dado momento. Ou seja, em função das análises realizadas, acredita-se que existe mais potencial de eficiência a ser atingido, através de medidas custo-eficazes, do que o que realmente acontece. Com base nessa premissa, busca-se explicar os motivos pelos quais esse potencial não é inteiramente explorado. Porém, se os potenciais preconizados em teoria não são avaliados criteriosamente, eles simplesmente podem não existir. Desta forma, os custos ocultos têm papel bastante relevante nessa discussão, pois negligenciá-los significa superestimar os potenciais.

No caso das análises dos projetos realizadas no âmbito do sistema proposto nesta tese, pode-se dizer que no que tange aos projetos das concessionárias os custos estão embutidos no valor do investimento, pois na estrutura atual do PEE/ANEEL eles devem ser considerados. Quanto aos demais projetos analisados, pode-se distinguir que nos projetos relacionados à substituição tecnológica, como iluminação, por exemplo, esses custos, se existirem supõe-se de pequena monta.

Desta forma, acredita-se que nesta análise não haja valores relevantes de custos ocultos. Porém, os custos ocultos são uma barreira que a sistemática de *White Certificates* pode ajudar a reduzir, à medida que existir a necessidade de precificar os certificados. Uma maior atenção a respeito da contabilidade dos custos envolvidos deverá ser tomada, no sentido de avaliar os reais retornos obtidos com a venda dos certificados.

Outra barreira não relacionada às falhas de mercado é o acesso ao capital. Se uma empresa não tem capital próprio para realizar os projetos de eficiência energética ela terá que recorrer a empréstimos que aumentarão sua alavancagem financeira, e, conseqüentemente o risco da empresa. Linhas específicas de financiamento, como já

existem atualmente em bancos especializados em financiar eficiência energética, podem colaborar para diminuir ou extinguir essa barreira (GILINGHAM *et al.*, 2009). Golove e Eto (1996), destacam que o acesso ao capital tem grande impacto sobre pessoas físicas e pequenas empresas. Estas têm dificuldade em encontrar linhas de financiamento com taxas atrativas para pequenos valores e, do mesmo modo, as pessoas físicas. No caso de pessoas físicas, o financiamento para compra de produtos eficientes, muitas vezes passa pelo cartão de crédito, que não diferencia entre uma compra normal e a compra de um equipamento eficiente.

Mesmo havendo acesso ao capital em condições favoráveis para projetos de eficiência energética, estes projetos ainda concorrem com outros que normalmente são o negócio principal da empresa dos quais se tem um conhecimento melhor dos riscos envolvidos. Ou seja, o custo de oportunidade dos projetos tem que ser menor que o dos outros. A única ressalva que pode ser colocada é em relação às empresas que estão inseridas numa linha de sustentabilidade. No caso destas empresas, o risco associado a projetos de eficiência energética pode ser compensado por outros retornos.

No caso do sistema proposto, espera-se que o efeito sobre muitos projetos seja o de amortizar boa parte do valor investido, ou quase todo em alguns casos, de forma que a necessidade de capital para a realização do projeto seja menor do que a que se teria nas condições anteriores, ou seja, sem o sistema de *White Certificates*. A modelagem do sistema, permitindo a análise *ex-ante* das economias a serem obtidas permite o financiamento através da venda dos certificados. Esta sistemática inibe, em parte, outro efeito indesejável que é o efeito *rebound*. Este é o efeito associado a projetos ou medidas de eficiência energética, que acontece quando o excedente obtido com a redução do valor da conta de energia elétrica gera um deslocamento do consumo para um patamar mais alto, de forma a gerar uma situação de maior conforto. O compromisso de entregar um valor determinado de redução de consumo nos primeiros cinco anos pode anular esse efeito, ou reduzi-lo. Observa-se que a sistemática não produz efeito sobre a outra face do efeito *rebound*, que seria o redirecionamento do dinheiro obtido com a economia da conta de energia para a compra de bens que consomem energia para serem produzidos. Há que se citar também que um sistema de *White Certificates* não deve ser visto isoladamente como única medida de eficiência

energética do país, e sim estar inserido dentro em um conjunto de medidas que atuam de forma integrada, incentivando ações que resultem em redução do consumo de energia.

Em relação ao risco envolvido nos projetos, a resposta normal de eficiência energética é exigir *paybacks* curtos para minimizá-los. Isto equivale a aumentar a taxa de corte exigida para esses projetos (DAMODARAN, 2010), ou seja, uma TIR maior ou, um VPL maior.

Para esses projetos, além do risco financeiro existe o risco de engenharia, e, neste caso, pode haver um problema de informação, já que quem decide pelos projetos do lado financeiro normalmente não tem domínio das questões relacionadas à engenharia.

Nas análises realizadas observou-se que o tempo de retorno dos projetos pode se alterar de forma significativa para menos, o que indiretamente gera o efeito de aumento da taxa interna de retorno, tornando o projeto mais atrativo do ponto de vista financeiro. As taxas de desconto utilizadas também são taxas que embutem riscos altos e dessa forma esta análise já contempla a questão dos altos riscos atribuídos aos projetos. A presença de resultados positivos, nessas condições, já reitera o efeito positivo da sistemática proposta.

Destaca-se ainda que o acesso ao capital também impacta as taxas de desconto implícitas associadas aos projetos. Alguns compradores podem decidir por um equipamento menos eficiente, por não ter acesso a capital. O efeito econômico disso é visto como um sub-investimento em eficiência energética, o que equivale a uma taxa de desconto implícita superior as taxas correntes do mercado (GILLINGHAM, 2009). Gillingham et al. (2009) assinalam que a inovação tecnológica também gera um efeito econômico indesejável, pois a empresa que faz um empreendimento nessa direção não consegue utilizar todo o conhecimento gerado. Este acaba dividido com outras empresas, o que empiricamente significa gerar um sub-investimento em eficiência energética.

5.1.2 Barreiras econômicas relacionadas às falhas de mercado

A falha de mercado existe devido às imperfeições que o mercado apresenta em relação a uma situação de mercado ideal. São consideradas falhas de mercado as seguintes situações:

- falha no mercado de energia
- mercados incompletos
- concorrência imperfeita
- informação imperfeita, e,
- informação assimétrica

Para explicar o *gap* existente no mercado de eficiência energética apresentam relevância as duas últimas (O'MALLEY *et al.*, 2003). Por exemplo, a questão das externalidades está contida dentro da situação de mercados incompletos, pois quando alguém gera um dano ao meio ambiente impõe custos aos outros agentes. Porém, isto não vai ocasionar investimentos em eficiência energética sem que haja uma diretriz que os imponha. Há que se notar ainda que existem falhas no próprio mercado de energia e no mercado de inovação tecnológica (GILLINGHAM *et al.*, 2009). Outra questão ligada aos mercados incompletos é que os bens não são perfeitamente divisíveis devido a restrições tecnológicas. Por exemplo, se um refrigerador é eficiente, mas o congelador não o é, pode ser que você não consiga comprá-los separadamente (GOLOVE & ETO, 1996).

5.1.2.1 Falhas no mercado de energia

Pode-se destacar como principal falha no mercado de energia a má precificação da energia, que não incorpora os verdadeiros custos sociais e ambientais associados à geração e utilização dela. A não incorporação das externalidades negativas faz com que os preços da energia fiquem mais baixos do que deveriam ser, ocasionando uma demanda acima da demanda ótima para a sociedade (GILLINGHAM *et al.*, 2009). Autores como Grubb (1990) defendem a questão dos preços refletirem o custo social da atividade de geração de energia. Segundo este autor, o nível ideal de eficiência

energética é atingido através de dois passos (**Figura 25**). O primeiro é que os preços da energia devem refletir todos os custos sociais da produção e utilização da energia, incluindo as externalidades. Desta forma, a curva de oferta se deslocaria de S para S^* . O segundo é que deve haver políticas para aumentar o desempenho do mercado, de modo a deslocar a curva de demanda de D para D^* sem prejuízo do serviço energético. Esses dois passos reduziriam a quantidade de energia utilizada e, dessa forma seriam reduzidos os efeitos indesejáveis, advindos da geração de energia, atingindo-se, assim, um ótimo social.

Figura 25 – Passos para atingir um nível ideal de eficiência energética
 Fonte: Grubb, 1990.

Analisando-se o sistema proposto, observa-se que a receita adicional obtida com a venda dos certificados tem o efeito de aumentar o preço percebido da energia elétrica e dessa forma o coloca em um patamar mais próximo do preço ideal que incorporaria os custos sociais e ambientais associados à atividade de geração de energia, possibilitando assim o aproveitamento de potenciais que normalmente não seriam aproveitados. No Brasil existem discussões a respeito do preço da energia elétrica ser um dos mais caros do mundo (ABRADEE, 2016), porém, mesmo assim esse preço não gera sinais adequados para os aproveitamentos dos potenciais de eficiência energética. Desta forma, o sistema proposto pode contribuir na redução dessa barreira. Estima-se alto impacto de redução sobre essa barreira.

5.1.2.2 Informação imperfeita

Podem-se elencar diversas consequências de aspectos relacionados à informação imperfeita, no que diz respeito à eficiência energética: falta de informação sobre o consumo de energia de diversas tecnologias; custo da informação relacionado ao desempenho energético de diversas tecnologias; precisão das informações sobre consumo; falta de conhecimento a respeito do desempenho sobre os produtos que são oferecidos pelo segmento de empresas que trabalham com eficiência energética; dificuldade de avaliar os projetos; taxa de mudanças de tecnologia muito alta (HEWET, 1998).

No Brasil encontramos vários exemplos desses tipos de situação. Do ponto de vista da falta de informação, pode-se dizer que o PROCEL tem colaborado bastante no sentido de informar a população a respeito do desempenho energético de diversos produtos, tanto através do site na internet quanto através dos programas e etiquetas de eficiência que ele tem produzidos nos últimos 30 anos (PROCEL, 2015).

O custo da informação também é um fator relevante. Quando um programa do governo, como o PROCEL, não provê informação, o único meio é buscá-la em estudos específicos do setor, que não são tão acessíveis ao público comum. Ainda faltam dados de consumo de diversos usos finais, o mapeamento do consumo ainda é um assunto incipiente no Brasil. Recentemente, num estudo de consumo de edificações, se concluiu que a carga de elevador num grande edifício da cidade de São Paulo exibiu consumo idêntico à carga de iluminação do mesmo edifício. Este fato não era esperado, pois se esperava que as cargas relevantes fossem iluminação, envoltória e ar condicionado (informação verbal)⁴.

⁴ Informação recebida do professor Marcelo Romero da Faculdade de arquitetura e Urbanismo da USP

O PROCEL tem trabalhado na formação de pessoal especializado, de modo a preencher essa lacuna. Mas, ainda, há um longo caminho a ser percorrido até se atingir uma situação satisfatória (PROCEL, 2015). A criação de cursos de especialização de nível médio, e até de uma universidade de eficiência energética poderia alavancar esse conhecimento, mas antes, há de se criar um ambiente propício para receber o profissional especializado.

Por outro lado, o mercado das ESCOS no Brasil ainda é muito heterogêneo, composto por microempresas e empresas de pequeno e médio porte. A sistemática de oferecimento dos projetos ainda é muito variada (ABESCO, 2015). Muitas empresas não atuam especificamente em eficiência energética, associando o serviço de eficiência a outras atividades, como automação ou solução de problemas regulatórios. Desta forma, os projetos são oferecidos de forma heterogênea. Projetos oferecidos de forma padronizada poderiam facilitar o entendimento das vantagens, como as medidas *standard* que existem no sistema francês, por exemplo.

Quanto à rápida mudança nas tecnologias um bom e atual exemplo é a lâmpada *led*. Quando se termina um projeto provavelmente já existe uma nova lâmpada *led* mais eficiente no mercado. A taxa de mudança é muito rápida e praticamente não dá tempo de analisar as tecnologias existentes antes que apareçam outras.

Quanto a esta barreira, um sistema de *White Certificates* pode contribuir pouco de forma direta. A contribuição poderá ocorrer de forma indireta, através da dinamização do mercado de projetos e medidas. Com isto, pode se tornar mais fácil o acesso às informações referentes à eficiência energética, tais como consumos de equipamentos e custos de projetos entre outros. Esse tipo de efeito pode ser classificado como *spillover*, ou transbordamento, que ocorre quando uma ação é capaz de contaminar várias pessoas, mesmo que não estejam envolvidas diretamente, ou sejam beneficiárias de uma dada medida de eficiência energética. As pessoas observam os resultados obtidos por uma medida de eficiência energética e aderem voluntariamente a ela, mesmo sem pertencerem ao conjunto dos beneficiados pela medida. Estima-se baixo impacto sobre essa barreira.

5.1.2.3 Informação assimétrica

O problema da informação assimétrica pode ser definido como o problema que existe numa dada negociação em que um sabe mais do outro sobre o bem ou produto que está sendo negociado. É uma falha bastante comum a todos os mercados. Por exemplo, numa situação entre um vendedor e um comprador de um dado produto. A menos que o produto objeto da negociação seja um produto consagrado, o vendedor normalmente conhece melhor o produto que ele está vendendo do que o comprador. Neste caso, corre-se o risco do vendedor estar oferecendo um produto muito bom e o comprador não ter condições de avaliá-lo, o que pode subvalorizar o produto e até desincentivar a venda por parte do vendedor.

Do ponto de vista de eficiência energética, quando se tem uma negociação entre o comprador e o vendedor de um produto ou projeto, ocorre que o comprador não consegue avaliar de forma correta o produto e entender todas as vantagens em comprá-lo por não ser uma compra corrente, ou seja, fora do negócio principal da empresa. Neste caso, ele tem dificuldade em avaliar se o produto é de qualidade superior ou não. Para poder avaliar o produto de forma correta, ele necessitaria arcar com custos adicionais para isso o que torna a negociação muitas vezes impraticável.

Por esse motivo, a informação ganha aspecto extremamente relevante no mercado de eficiência energética. É preciso que o usuário entenda os benefícios do projeto ou tecnologia, de forma que ele possa avaliá-lo corretamente e desperte interesse em adquirí-lo.

A consequência última dessa problemática, dentro da questão da eficiência energética, é que os custos e benefícios da geração são entendidos de forma mais fácil, o que pode acarretar em investimentos de geração prioritariamente, ao invés da exploração dos potenciais de eficiência, que deveria ser a primeira fonte a ser pensada no planejamento energético, tanto do país quanto das empresas (informação verbal)⁴.

⁴ Informação recebida do professor Cyro Bocuzzi da Escola Politécnica da USP

Duas barreiras clássicas a eficiência energética, que estão associadas à questão da informação imperfeita: os incentivos divididos e a questão do agente-principal.

O caso mais clássico, citado na literatura, de incentivos divididos é o caso do proprietário e inquilino (SCOTT, 1997). O proprietário quer fazer um *retrofit* nas instalações da casa alugada, porém o inquilino é que vai usufruir do desconto na conta de energia. Desta forma, o proprietário tenta convencer o inquilino que os benefícios devem ser repartidos. O inquilino, por sua vez, não sabe se vai continuar no imóvel a ponto de usufruir de todos os benefícios do *retrofit*, que se estenderão por anos.

Assim, tem-se um impasse, pois nem o proprietário vai ter incentivo para fazer a obra sem usufruir dos benefícios, nem o inquilino vai querer repartir com o proprietário o custo da obra, pois ele pode não usufruir dos benefícios. O arranjo contratual para incluir os benefícios da conta de energia seria muito complexo, inviabilizando a medida de eficiência.

Este caso clássico tem uma conotação mais próxima do setor residencial, porém pode-se estender para outros setores haja vista que a questão da locação é uma questão que está presente também nos setores comercial e industrial. No caso da locação de edifícios com vários condôminos, por exemplo, se não houver medição individualizada dificilmente algum condômino fará uma melhoria que traga benefício para todos sem repartir os custos.

O problema do agente-principal está intimamente ligado ao que se denominou *Moral Hazard*, termo que surgiu no âmbito das empresas de seguro (PINDICK & RUBENFELD, 2010), utilizado, de modo geral, para descrever um comportamento sob contrato que é ineficiente (O'MALLEY *et al. apud* MILGRON & ROBERTS, 1992). Esse tipo de problema ocorre devido à informação assimétrica entre o principal e o agente, no interior de uma organização. O principal não tem controle sobre as decisões que são tomadas individualmente pelos agentes. O agente, que tem interesses diferentes do principal, pode agir de forma oportunista em relação a este.

No que diz respeito aos projetos a serem realizados, o principal não sabe se o agente está escolhendo os melhores. A única forma de evitar essa situação é estabelecendo regras rígidas para a aceitação dos projetos dentro da empresa, o que pode inviabilizar a aceitação de projetos potencialmente interessantes que mereceriam uma análise individualizada.

Pode-se citar como exemplo, também, a construção civil. O cliente é o principal e a construtora o agente. A construtora tem interesse em maximizar os lucros. Ela pode utilizar componentes que não têm os melhores desempenhos energéticos, mas são mais baratos. Se o cliente não tiver informação a esse respeito, pode aceitar essa condição sem ter consciência dela.

O caso dessa barreira é praticamente o mesmo da barreira anterior, ou seja, o sistema de *White Certificates* proposto pode contribuir só de forma indireta. Estima-se baixo impacto direto sobre a redução desta barreira. O impacto virá da dinamização do mercado de projetos, que fará com que informações relativas à eficiência energética se tornem mais disponíveis e mais precisas.

5.1.3 Abordagem comportamental das barreiras à eficiência energética

Os problemas citados até agora são derivados da expectativa de comportamento racional dos indivíduos, ou seja, maximização da utilidade pelos consumidores e maximização dos lucros pelas empresas. Porém, a hipótese da racionalidade sempre foi considerada uma representação pobre da realidade (HODGSON, 1988). Os trabalhos de Kahneman & Tversky (1992), refutando a hipótese da racionalidade, tiveram grande repercussão no meio acadêmico.

Dentro da literatura de energia, uma vasta gama de trabalhos tem demonstrado que racionalidade por parte dos usuários é uma hipótese muito fraca (KATZEV & JOHNSON, 1987). Sanstad & Howart, 2004, notaram que “enquanto que para muitas decisões que os consumidores de energia têm que tomar falta informação, quando se tem a informação falta habilidade e conhecimento para utilizá-la”.

5.1.3.1 Racionalidade limitada

O conceito de racionalidade limitada foi introduzido por Simon (1957). Este autor definiu dois tipos de racionalidade: a substantiva e a processual. A racionalidade substantiva é aquela que leva os indivíduos a agirem conforme aos modelos de otimização, ou seja, maximizando lucros ou utilidade. A racionalidade processual implica que as pessoas tomam decisões segundo restrições de atenção, recursos e habilidade de processar a informação chegando a resultados bem diferentes daqueles obtidos se se supuser racionalidade substantiva (SIMON, 1957). O conceito de racionalidade processual resulta que os indivíduos tomarão decisões apropriadas, mas não necessariamente as ótimas.

Outro aspecto relacionado à racionalidade processual é que se substitui as análises de otimização por rotinas e regras práticas para atingir os objetivos. Nas organizações esse tipo de racionalidade implica em que a empresa tenha o foco na sua atividade principal, sendo os objetivos mais fáceis de serem medidos do que nas atividades periféricas, como o consumo de energia, por exemplo, Onde os benefícios são mais complicados de serem estimados, na visão dos tomadores de decisão (O'MALLEY *et al.*, 2003).

A própria utilização da metodologia do *payback* simples para análise de investimentos se encontra no âmbito da racionalidade processual (STERN, 1984). A regra do *payback*

simples é de fácil entendimento e utilização. Observando-se a regra pode se economizar em esforços de gerenciamento, em análises de investimentos, em diversos setores distintos da empresa.

Uma segunda regra muito utilizada é a do orçamento de capital. Se não há dinheiro disponível em caixa, nem se avalia o retorno do investimento, a rotina interna da empresa impõe complicações para aprovação de investimentos que dependem de empréstimos.

Pode-se citar, como exemplo do setor de energia relacionado à racionalidade limitada, uma pesquisa realizada em 1991 (ROBINSON, 1991). Essa concluiu que só os programas de informação a respeito de eficiência energética, sem um programa de etiquetagem em conjunto, surtiam pouco efeito.

No caso do Brasil, no que diz respeito a essa questão, pode-se dizer que o PROCEL tem produzido programas de informação ao consumidor, cujo site de Internet, Procel Info, é o maior exemplo deles (PROCEL, 2015). Porém, não se tem avaliação dos resultados desses programas. O PROCEL só tem informação de resultados sobre os programas de formação de pessoal (PROCEL, 2015).

Desta forma, pode-se concluir que do ponto de vista da racionalidade limitada podem ser inócuas intervenções visando eficiência energética a partir de aprimoramento de programas de informação. Se os usuários não conseguem utilizar, de forma satisfatória, a informação já disponível, pode se ter pouco resultado fornecendo mais informação. Pode-se dizer também que o hiato de eficiência energética pode estar ligado a esta questão, já que a eficiência teórica é calculada supondo racionalidade substantiva.

O sistema de *White Certificates* propostos tende a reduzir essa barreira parcialmente. A redução dos tempos de *payback* simples pode ter alto impacto sobre a redução dessa barreira. Porém, para a questão da regra do orçamento de capital e a questão da informação estima-se baixo impacto direto.

No caso da regra do orçamento de capital, como a empresa só realizará projetos se tiver dinheiro em caixa, o sistema proposto não contribuirá muito. A receita referente à venda

dos certificados só será obtida após a realização do projeto e a avaliação da economia de energia para os primeiros anos. Desta forma, se a empresa não tem dinheiro suficiente em caixa para realizar o projeto ela não o fará. A possibilidade para fazê-lo estaria em contrair empréstimos, que é exatamente o que essa regra preconiza que não se faça.

Na questão da informação, estima-se que o impacto da sistemática proposta seja apenas indireto. No sistema de *White Certificates* não está proposto diretamente nenhum mecanismo a respeito de informação sobre eficiência energética. Porém, o próprio funcionamento do mercado, com divulgações na mídia de cotações e de volume de negócios, boletins podem gerar informação e despertar curiosidade do público em geral e do público especializado.

5.1.3.2 Outros fatores humanos

Uma alternativa a racionalidade econômica foi desenvolvida por Kahneman & Tversky (1979). O que ficou conhecida como Teoria do Prospecto, estabelece o seguinte:

- (i) pessoas tratam os ganhos diferentemente das perdas na questão de aversão aos riscos. A aversão aos riscos no campo dos ganhos é muito maior do que no campo das perdas. Dessa forma se subestimam os custos de oportunidade.
- (ii) resultados recebidos com certeza valem mais do que aqueles incertos.
- (iii) escolhas dependem fortemente de como uma decisão está enquadrada, ou seja, qual o ponto de referência.

A partir do estabelecido acima se pode definir mais quatro barreiras à eficiência energética. Estas podem ser explicadas a partir desses conceitos:

(i) Formato de Informação

(ii) Confiabilidade

(iii) Inércia, e,

(iv) Valores

Sendo que essa última não é considerada propriamente uma barreira (O'MALLEY *et al.*, 2003).

5.1.3.2.1 Formato da Informação

A literatura enfatiza que, no caso da eficiência energética, é mais importante o formato da informação do que o custo que ela tem para o público (STERN, 1984; KEMPTON *et al.*, 1984). Destacam-se cinco elementos fundamentais numa informação sobre eficiência energética:

- (i) Informação deve ser clara e simples;
- (ii) Deve ser específica e personalizada, sendo que auditorias individualizadas funcionam melhor do que informações gerais sobre como economizar energia;
- (iii) A informação deve ser vívida, por isso filme é preferível à informação escrita;
- (iv) A informação deve estar disponível próximo ao momento da tomada de decisão;
- (v) Fornecer informações a respeito de medidas de eficiência tomadas anteriormente, de forma a encorajar novas medidas.

5.1.3.2.2 Credibilidade

A fonte da informação deve ser o mais confiável possível, ou seja, deve ser dada por autoridades reconhecidas no assunto. Um motivo pelo qual pessoas podem desprezar informação útil e gratuita é a desconfiança da onde ela veio.

Um estudo de Craig & McCan (1978), mostrou que a confiabilidade na fonte das informações pode alterar os resultados a serem alcançados. Um milhão de panfletos foram distribuídos indicando ações que podiam gerar economia de energia. Os panfletos foram distribuídos numa área residencial. Metade dos panfletos provinha da distribuidora local e a outra metade da agência regulatória. Constatou-se economia de

8% de energia a mais na região que recebeu os panfletos da agência regulatória, do que na região dos que receberam da distribuidora local (CRAIG & McCAN, 1978).

5.1.3.2.3 Inércia

No campo da teoria comportamental existem três fatores que podem explicar porque existe inércia em relação à realização de projetos de eficiência energética. Um primeiro fator é que no âmbito da “Teoria do Prospecto” a aversão a risco no campo dos ganhos é maior do que no campo das perdas, o que faz as pessoas subavaliarem os custos de oportunidade (KANHEMAN & TIVERSKY, 1979). Os projetos de eficiência energética são considerados como custos de oportunidade e dessa forma eles são subavaliados.

Um segundo fator é que as pessoas dão maior peso a algo que elas já tenham em detrimento, a investir em projetos em cujos retornos estejam embutidos riscos. Desta forma, opta-se por manter o *status quo*, cujos retornos são certos e conhecidos.

Um terceiro fator é o desejo de minimizar o arrependimento. Se o indivíduo realiza uma ação que não dá certo, o arrependimento é maior por não realizá-la mesmo que o resultado fosse insatisfatório.

Os três fatores citados anteriormente se relacionam ao risco embutido nos projetos. O sistema proposto deve contribuir no sentido da redução dessa barreira, pois para um mesmo risco, dados dois projetos com retornos diferentes, optar-se-á pelo projeto com maior retorno (MARKOWITZ, 1952). Ou seja, dado que a venda dos certificados aumenta o retorno dos projetos e, sendo que o nível de risco atribuído aos projetos não mudou, pois são os mesmos projetos, nesse caso os projetos se tornam mais atrativos do que os originais. Dependendo da curva de aversão ao risco do investidor, o projeto pode se tornar possível de ser realizado. Mesmo que a curva de aversão ao risco do investidor no campo dos ganhos seja maior, ainda assim ele optará, dado um mesmo risco, por um projeto com retorno maior.

5.1.3.2.4 Valores

A questão dos valores está muito ligada às questões ambientais. Como as questões relativas à eficiência energética também têm cunho ambiental, tanto do ponto de vista corporativo quanto do ponto de vista pessoal, no caso do consumidor residencial, a questão dos valores pode ser determinante para que o potencial de eficiência energética se realize ou não. Mas como essa questão é muito individual, na esfera corporativa e pessoal, pode-se dizer que ela não é capaz de explicar o hiato de eficiência energética.

Um sistema de *White Certificates* no setor elétrico tem implicações positivas sobre essa barreira à medida que ele funciona indiretamente como um redutor de emissões de gases de efeito estufa. À medida que se gera redução de consumo diminui-se a necessidade de ampliar o parque gerador, bem como também aumenta a segurança energética do sistema, através também da preservação dos níveis dos reservatórios. Desta forma, pode-se diminuir os despachos de usinas de termoeletricidade que são poluidoras e também reitera-se a não necessidade de construções de reservatórios de grandes proporções por um período maior. O sistema proposto deve ter impacto significativo sobre essa barreira, à medida que contribui na direção da preservação do ambiente e na redução de emissões de gases de efeito estufa.

5.1.4 Barreiras ligadas às empresas

Podem-se destacar duas questões que ganham relevância dentro das organizações e que podem representar barreiras à eficiência energética: o poder ou *status*; a cultura. Do ponto de vista de poder, os projetos relacionados à eficiência energética ainda não geram *status* aos realizadores. Como a energia é considerada um assunto periférico o tema gestão de energia também o é. Gerentes não vão perder seu tempo apresentando projetos de eficiência energética, ao invés de projetos relacionados ou que impulsionem o negócio principal da empresa.

Quanto à questão cultural, a grande preocupação com as emissões de carbono tem alavancado o interesse de muitas empresas que por questões de imagem desejam estar entre as empresas sustentáveis. Para essas empresas, o fator eficiência energética tem um peso maior do que para as outras empresas que não têm preocupação com

sustentabilidade. Nesse caso, para essas empresas especificamente, os projetos de eficiência energética podem gerar *status* ao propositor do projeto.

Uma terceira questão que se pode destacar em relação às organizações é que elas enfrentam problemas também para realizar projetos de eficiência energética, associados à distribuição geográfica é gerenciado no interior da empresa. Empresas com várias plantas podem ter dificuldade em estabelecer diretrizes de eficiência, devido à diversidade das atividades e controle descentralizado, por exemplo.

No caso da terceira questão, o sistema proposto pode ter pouca interferência, mas no quesito *status* ele pode ter grande influência, haja vista que os projetos de eficiência energética estarão sendo colocados em destaque do ponto de vista de retorno financeiro. Desta forma, podem chamar a atenção do ponto de vista de poder ou *status*. A questão cultural é algo que depende mais de outros instrumentos do que de um sistema de *White Certificates*. Como destacam Mundaca e Neij (2007), um sistema de *White Certificates* não deve agir isoladamente no sentido de promover a eficiência energética. A redução de barreiras deve ser tratada em diversas frentes.

5.2 Síntese do efeito da sistemática proposta sobre as barreiras identificadas

De forma resumida pode se dizer que a sistemática proposta nesta tese tem potencial de reduzir pelo menos 50% das barreiras a eficiência energética identificadas na literatura (**Tabela 12**). Dessa forma, pode-se dizer que a sistemática proposta pode causar impacto relevante no que diz respeito a impulsionar o crescimento de ações voltadas a eficiência energética no país.

Pode-se observar também que a sistemática proposta também causa efeito redutório indireto sobre importantes barreiras, como é o caso das barreiras relacionadas a informação imperfeita e informação assimétrica e, que, algumas barreiras ligadas ao comportamento do ser humano, como é o caso da racionalidade limitada exigem esforços muito grandes para que sejam derrubadas. Tal esforço provavelmente só será conseguido com a ação conjunta de diversas medidas para promoção da eficiência

energética, de modo que possa ser atingida uma mudança cultural em relação ao tema. Isto corrobora a idéia de que um sistema de *White Certificates* não deve atuar de forma isolada na promoção de medidas de eficiência energética, outras medidas devem ser tomadas em conjunto com esta sistemática.

Tabela 12 – Impacto do sistema proposto sobre as barreiras à eficiência energética

Barreira	Impacto direto	Impacto indireto
heterogeneidade	relevante	não relevante
custos ocultos	relevante	não relevante
acesso ao capital	relevante	não relevante
risco	relevante	não relevante
preço da energia	relevante	não relevante
informação imperfeita	não relevante	relevante
informação assimétrica	não relevante	relevante
racionalidade limitada	não relevante	não relevante
formato da informação	não relevante	não relevante
credibilidade	não relevante	não relevante
inércia	relevante	não relevante
valores	não relevante	não relevante
poder nas organizações	relevante	não relevante
cultura das organizações	relevante	não relevante
questões geográficas nas organizações	não relevante	não relevante

Fonte: Elaboração própria, 2016.

5.3 Considerações finais do Capítulo 5

Com base nas análises realizadas nesse capítulo, em relação à redução das barreiras à eficiência energética que pode ser provocada pela implantação de uma sistemática de *White Certificates* no Setor Elétrico Brasileiro, pode-se dizer que estas têm forte dependência com relação ao preço da energia. Desta forma, a negociação dos *White Certificates* obtidos coloca o preço aparente da energia num patamar mais elevado, o que gera um efeito de incorporar parte do custo socioambiental relacionado a essa atividade, diminuindo a distorção de preço que existe neste mercado. Quando se diz distorção de preço se remete à incorporação das externalidades. A elevação artificial via *White Certificates*, do preço da energia, coloca o consumo mais próximo de um ótimo socioambiental.

Observou-se que a sistemática proposta pode ter impacto direto relevante em relação a mais de 50% das barreiras classificadas como obstáculos à eficiência energética e impacto indireto sobre duas outras importantes barreiras. Há que se ponderar que cada barreira tem seu peso e que os sinais econômicos, como preço da energia, normalmente têm grande impacto sobre se uma determinada ação de eficiência energética será tomada ou não. Basta citar que em épocas de racionamento o aumento das tarifas já chegou a reduzir o consumo nacional em 25%. Ou seja, os sinais de preço normalmente podem impactar mais do que outros como, por exemplo, valores, cultura nas organizações e questões geográficas.

Capítulo 6 – Conclusão e reflexões finais

Este estudo teve por objetivo principal propor a estruturação, no Setor Elétrico Brasileiro, de um instrumento de política pública voltado a eficiência energética, baseado em mecanismos de mercado, e denominado de *White Certificates*. Tal proposição levou em conta as peculiaridades do setor de energia elétrica do país e procurou mensurar, através de simulações, os potenciais ganhos de atratividade dos projetos destinados à efficientização energética, caso tal mecanismo fosse adotado.

O estudo partiu de uma revisão bibliográfica a respeito dos fundamentos de um mercado de *White Certificates* e da experiência internacional sobre esse tema. Constatou-se que três países – França, Itália e Grã-Bretanha – destacam-se na utilização de *White Certificates* como instrumentos de eficiência energética. Observou-se ainda que em muitos países a aplicação dos *White Certificates* não se restringe à energia elétrica, sendo eles utilizados para comercialização de ganhos de redução de consumo, advindos de várias fontes primárias de energia como gás natural e petróleo, entre outras.

Conforme visto, para atingir o objetivo ao qual esta tese se propôs, dividiu-se o presente trabalho em seis etapas. Na primeira, que correspondeu ao Capítulo 1, foram delineados as bases da pesquisa, bem como a metodologia aplicada para o desenvolvimento da mesma. Em seguida, no Capítulo 2, foram sintetizados os fundamentos, os conceitos e a experiência internacional sobre *White Certificates*. Já no Capítulo 3 buscou-se delinear a proposta de aplicação de tais títulos no Setor Elétrico Brasileiro. No Capítulo 4 foram realizadas as análises do ponto de vista do incremento da atratividade financeira sobre os projetos de eficiência energética, advindos da adoção desse mecanismo. No Capítulo 5, por sua vez, foram feitas análises do ponto de vista de redução das barreiras à

eficiência energética, e, por fim, neste capítulo 6 buscou-se resumir os principais resultados encontrados.

Mais detalhadamente, no Capítulo 2 verificou-se que um mercado de *White Certificates* parte do estabelecimento da obrigação de cumprir metas de eficiência energética, imposta a alguns agentes do mercado. Na outra ponta do mercado de *White Certificates* estão os ofertantes de projetos de eficiência energética, que no caso são os agentes que estão autorizados a realizar tais projetos e implementar medidas de eficiência energética, dentro das tipologias aceitas como elegíveis.

Ainda, no mesmo Capítulo, fez-se uma revisão bibliográfica a respeito da sistemática de *WhC's* implantada na França, Itália e Grã-Bretanha. Foram observadas diferenças quanto às metas a serem atingidas, as medidas elegíveis, se os certificados seriam transacionáveis ou não, e demais parâmetros que dependem dos objetivos a serem atingidos pelo sistema.

No caso da Grã-Bretanha, por exemplo, os *White Certificates* não são negociáveis. Já na Itália e França, são. Na Grã-Bretanha as medidas de eficiência energética devem ser realizadas no setor residencial. Na Itália e na França elas podem ser realizadas em qualquer setor para qualquer uso final de energia. Tanto para França quanto para Itália ou Grã-Bretanha as obrigações recaem principalmente sobre os distribuidores de gás e eletricidade. Verificou-se que para esses países, as metas de eficiência energéticas, estabelecidas como obrigatórias, foram suplantadas devido ao benefício da negociação, o que resultou na classificação desses sistemas como custo-efetivos, ou seja, que tem relação custo benefício menor que a unidade.

No Capítulo 3, foi delineado um sistema de *White Certificates* para o Setor Elétrico Brasileiro. Nele sugeriu-se que fosse estabelecida a ANEEL como a autoridade que supervisionará o sistema como um todo. Sugeriu-se ainda que as distribuidoras de energia elétrica fossem as partes obrigadas a atingir as metas de efficientização pré-definidas. Calibrou-se a meta de eficiência energética a ser atingida em 0,6% ao ano, em linha com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

Sugeriu-se também, ainda no Capítulo 3, que as medidas ou ações de eficiência energética elegíveis, poderiam ser quaisquer medidas ou projetos relacionados à redução de consumo de energia elétrica, desde que fossem passíveis de serem verificados. Tal verificação poderia ser feita através do Protocolo Internacional de Medição e Verificação (PIMVP) do DOE.

Já quanto à forma de verificação em si, conforme já citada, esta seria: (i) o PIMVP quando se tratasse de medidas de eficiência energética; e (ii) a medição simples quando se tratasse de geração distribuída.

Também, ainda no contexto da estrutura de *White Certificates* proposta, quanto à forma de negociação, esta seria através de títulos transacionáveis de eficiência energética. Ademais, conforme visto nestes sistemas, é necessário o estabelecimento de uma multa por não cumprimento da meta de eficiência energética, a qual neste caso foi calculada em R\$ 150,00 por unidade de meta descumprida.

Verificou-se que a estrutura institucional já existente no setor elétrico poderia ser aproveitada plenamente na implantação da nova sistemática de *White Certificates*. Nela, a ANEEL supervisionaria o sistema e validaria os certificados/títulos os quais seriam negociados numa plataforma eletrônica, que poderia ser fornecida pela CCEE através de um mercado de balcão organizado específico para esse fim.

Há que se ressaltar que o incremento da atratividade financeira dos projetos de eficiência energética, e a redução das barreiras à eficiência energética no Brasil, foram definidas como objetivo da política pública para implantação desse sistema de *White Certificates*. As partes obrigadas continuariam sendo as distribuidoras de energia elétrica, só que agora elas teriam uma meta “física” de eficiência energética. Observou-se que a meta inicial seria definida de modo a causar uma transição suave entre o sistema existente, PEE/ANEEL, e o sistema proposto, de forma a preservar o marco regulatório existente. A meta definida também estaria em linha com a meta de eficiência energética do governo para 2030 e a multa definida também está de acordo com a meta e com a existente propensão a pagar por eficiência energética das distribuidoras. Há que se citar também que a meta definida deveria estar em linha com os potenciais

disponíveis de efficientização existentes no país, de acordo com levantamentos da Empresa de Pesquisa Energética.

Já no Capítulo 4 foram realizadas as análises do ponto de vista do incremento da atratividade financeira dos projetos, caso fosse adotada a sistemática de *White Certificates*. Do ponto de vista desta atratividade financeira, as simulações indicaram que a implantação de um sistema de *White Certificates* no Setor Elétrico Brasileiro poderá trazer incrementos relevantes nesta atratividade. O potencial de mercado da eficiência energética pode ser expandido para além do potencial econômico, em direção do potencial teórico, devido ao incremento obtido na taxa interna de retorno. Na maioria dos projetos simulados a adoção desta sistemática dobraria o valor de suas taxas internas de retorno. Como as análises de potenciais de eficiência energética são muito sensíveis às taxas de desconto consideradas na análise, a duplicação das taxas internas de retorno alavancaria muito o aproveitamento desses potenciais.

Quanto aos projetos de geração distribuída, analisados no Capítulo 4, observou-se que a adoção de *White Certificates* pode contribuir para a viabilização de vários desses projetos que, atualmente, ainda são inviáveis, ou colocá-los numa posição bem melhor do ponto de vista de viabilidade. Isto porque a receita advinda da venda dos *White Certificates* gerados a partir desses projetos agregaria uma receita extra que, no longo prazo, faz diferença significativa do ponto de vista de viabilidade ou não de determinadas tecnologias voltadas à geração distribuída.

O Capítulo 5, por sua vez, traz as análises do ponto de vista de *redução das barreiras* à implantação de medidas e projetos de eficiência energética. Assim, quanto às barreiras à eficiência energética concluiu-se que para mais da metade dessas barreiras existentes, a sistemática proposta geraria um impacto relevante na redução das mesmas, haja vista que o preço da energia é um importante fator para realização ou não de projetos de eficiência energética. Neste contexto, a sistemática proposta funcionaria como um incremento no preço da energia do ponto de vista de análise dos projetos de eficiência energética, ampliando seus fluxos de caixa futuros. Barreiras como *preço da energia*, *custos ocultos*, *heterogeneidade dos projetos*, *risco associado aos projetos*, *racionalidade limitada*, entre outras, são impactadas pela sistemática proposta no sentido de redução destas barreiras.

Verificou-se também, ainda no Capítulo 5, que pode haver importantes impactos indiretos sobre algumas barreiras devido a eventual dinamização do mercado de projetos e medidas de eficiência energética. Os impactos indiretos estariam relacionados à dinamização dos projetos de eficiência energética no país, uma vez que a adoção de tal sistemática tende a promover a redução da informação imperfeita, pois as informações se tornam mais prontamente disponíveis num mercado dinâmico em que diversos projetos estejam sendo realizados. Com a redução da assimetria de informação, dados mais precisos são obtidos para se avaliar com mais precisão os riscos e os retornos relacionados aos projetos.

Quanto à comparação de desempenho em relação ao atual sistema existente, o PEE/ANEEL, demonstrou-se que a adoção da sistemática de *White Certificates* apresentou resultados superiores já a partir das metas existentes (de 0,6% ao ano), que podem facilmente ser elevadas em relação aos valores obtidos em média até 2015. Conforme calculado neste trabalho, estes valores se situaram em pífios 0,08% de eficiência energética ao ano, pela média ponderada pelo volume de energia elétrica consumida pelas distribuidoras e, 0,11% ao ano para uma média simples, considerando-se as 15 maiores distribuidoras de energia elétrica do país.

Ademais, o sistema proposto pulveriza o mesmo montante de capital que vem sendo aplicado em eficiência energética no país dentro do PEE/ANEEL (420 milhões de reais), em diversos projetos. Isso, conforme visto, resulta em uma *eficiência econômica* superior da sistemática proposta em relação ao sistema em vigor.

Observa-se que a sistemática de *White Certificates* proposta é um sistema de metas de redução *de consumo* e não de metas *financeiras*. Um sistema de metas financeiras, pode distorcer os objetivos principais de uma política de eficiência energética. Isto porque se as distribuidoras dependem da renda auferida com a venda da energia para gerar lucro, existe um viés para que esse dinheiro não seja aplicado de maneira a reduzir a venda de energia, que advenha de reduções significativas do consumo de energia.

Do ponto de vista das limitações encontradas para a realização desta tese, pode-se destacar a falta de levantamentos mais precisos a respeito dos potenciais de eficiência energética. Essa falta de precisão limita bastante o planejamento de políticas voltadas à

eficiência energética no país. Observa-se ainda a falta de uma centralização do tema num único órgão específico no governo, de forma a compilar todas as informações a respeito de eficiência energética no país. Há uma série de órgãos e programas envolvidos com o tema da eficiência energética – MME, EPE, ANEEL, PROCEL e CNPE –, porém constata-se uma comunicação/coordenação ainda bastante imperfeita entre eles.

Outra limitação encontrada foi a falta de dados públicos detalhados relativos aos projetos de eficiência energética executados. No Brasil, o mercado de projetos de eficiência energética não é muito dinâmico. Não se tem muitos *cases* ou resultados de projetos veiculados de forma mais organizada na mídia. Isso dificulta avaliações, do ponto de vista de preços das tecnologias e reais reduções de consumo obtidas, dentre outros aspectos relacionados a esses projetos.

Para trabalhos futuros, sugere-se avaliar a curva de custo e o potencial de eficiência energética existentes no Brasil. Esta curva tem sua importância ao indicar com mais precisão quais são potenciais existentes e qual o preço de transformá-los em resultados concretos de eficiência energética. De fato, este mapeamento é considerado um ponto de partida para o desenho de políticas de eficiência energética, bem como para o estabelecimento correto de metas de eficiência a serem perseguidas. Em resumo, tal mapeamento serve para calibrar a meta exigida.

Ademais, como trabalhos futuros também sugere-se avaliar, por meio de pesquisa junto a diretores financeiros de empresas, quais os níveis de taxas de desconto que estão sendo utilizados para avaliar projetos de eficiência energética, no contexto de cada setor. Como já dito anteriormente, os potenciais de eficiência energética são muito sensíveis aos valores de taxas de desconto utilizadas na verificação da viabilidade desses projetos. Como derradeira sugestão, indica-se o aprimoramento da sistemática aqui proposta, incorporando itens de análise custo/benefício tais como, redução de demanda na ponta, potencial de indução de outras medidas a partir da medida tomada, considerando-se um contexto de mercado de eficiência energética mais maduro.

Referências bibliográficas

ABESCO, Associação Brasileira das Empresas de Serviço Energético, **13º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética**, 2016.

ABRADEE Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica. Disponível em: www.abradee.com.br. Acesso em: 13 out. 2015.

ACEEE. American Council for Energy Efficiency Economy, **International Energy Efficiency Scorecard**, 2014.

AES ELETROPAULO, Eletropaulo Metropolitana Companhia de Eletricidade de São Paulo, “**RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014**”. Disponível em: www.aeseletropaulo.com.br. Acesso em: 27 fev. 2016.

AES SUL, “**RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE – 2014**”. Disponível em: www.aessul.com.br. Acesso em: 21 fev. 2016.

ALVES, P. G. S. **Certificados Brancos** Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, 2014.

AMPLA ENERGIA, “**RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014**”. Disponível em: www.ampla.com.br. Acesso em: 19 fev. 2016.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Lei 10.847 de 08 de março de 2004.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Lei 10.847 de 08 de março de 2004.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 106/2015-SGT/ANEEL** de 22 de abril de 2015.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 106/2015-SGT/ANEEL** de 22 de abril de 2015.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Manual das diretrizes para apresentação de projetos para o PEE (PROPEE)**, 2008.

BERTOLDI, P. **European Experience on Tradable Certificates for Energy Savings (White Certificates)**, European Commission - Institute for Energy, 2006.

BERTOLDI, P.; REZESSY, P. **Tradable white certificate schemes: Fundamental concepts**, Journal of Energy Efficiency, 2008.

BID, Banco Interamericano de Desenvolvimento, **Eficiência Energética: EEGM Conduzindo Investimentos Privados no Brasil**, maio de 2014.

CAPOZZA, A. **"Market Mechanisms for White Certificates Trading Task XIV Final Report Based on National and International Studies and Experiences,"** Milan: International Energy Agency, 2006.

CELESC, Centrais Elétricas de Santa Catarina, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.celesc.com.br. Acesso em: 2 fev. 2016.

CELG, Centrais Elétricas de Goiás, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.celg.com.br. Acesso em: 5 fev. 2016.

CELPE, Centrais Elétricas de Pernambuco, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.celpe.com.br. Acesso em: 25 fev. 2016.

CEMIG, Companhia de Energia de Minas Gerais, **“RELATÓRIO DE RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICO-FINANCEIRO - 2015”**. Disponível em: www.cemig.com.br. Acesso em: 26 fev. 2016.

CERA, A. M. G. **Certificados Brancos para o Caso Português: Análise Económica e Contributos para a sua Aplicação e Implementação**, Mestrado em Gestão Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, 2012.

CNI/PROCEL **Oportunidades de Eficiência Energética para Indústria: Uma visão Institucional - Sumário Executivo**, 2010.

COASE, R. H. **The problem of Social Cost**, Journal of Law and Economics, Vol. 3, 1960.

COELBA, Companhia de Energia da Bahia, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.coelba.com.br. Acesso em: 23 fev. 2016.

COELCE, Companhia de Eletricidade do Ceará, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.coelce.com.br. Acesso em: 25 fev. 2016.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia, **“RELATÓRIO DE RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICO-FINANCEIRO - 2015”**. Disponível em: www.copel.com.br. Acesso em: 20 fev. 2016.

CPFL Paulista, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.cpfl.com.br. Acesso em: 16 fev. 2016.

CPFL Piratininga, **“RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014”**. Disponível em: www.cpfl.com.br. Acesso em: 16 fev. 2016.

CRAIG, C. S. e McCANN, J. M. **Assessing communication effects on energy conservation**, Journal of Consumer Research, Vol. 5, pp. 82-88, 1978.

CROSSLEY, D. **Workshop in White Certificates**, Milan, Italy, Outubro de 2008.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos. Ferramentas e Técnicas Para a Determinação do Valor de Qualquer Ativo**, Quality Mark, 2010.

D`ARAÚJO, R. P. **Diagnóstico do sistema elétrico brasileiro: análise e prospectiva**, evento realizado no IEE/USP, maio, 2013.

DEEC **Energy Efficiency Directives**, European Comission, 2012.

EDP BANDEIRANTE, “**RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014**”. Disponível em: www.edp.com.br. Acesso em: 15 fev. 2016.

ENERGY RISK MANAGEMENT, **Seminário sobre Risco no Setor Elétrico Brasileiro**, 23 de agosto de 2016.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética **Nota Técnica DEA 12/16**, abril de 2016.

GILLINGHAM, K. NEWELL, R. G. PALMER, K. **Energy Efficiency Economics and Policy: Working Paper 15031**, National Bureau of Economic Research, Cambridge, June 2009.

GIRAUDET, L. G. BODINEAUD, L. FINON, D. **The costs and benefits of white certificate schemes**, Working Papers. C.I.R.E.D., 2011.

GOLOVE, W. H.; ETO J. H. **Market Barriers to Energy Efficiency: A Critical Reappraisal of the Rationale for Public Policies to Promote Energy Efficiency**, Energy & Environment Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, March 1996.

GRIMONI, J. A. B. GALVÃO, L. C. R. UDAETA, M. E. M. **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo**, Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

GRUBB, M. **Energy Policies and the Greenhouse Effect. Vol 1: Policy Appraisal**, Dartmouth, Royal Institute of International Affairs, 1990.

HEWETT, M.J. **Achieving energy efficiency in a restructured electric utility industry**, Report prepared for Minnesotans for an Energy Efficient Economy, Minneapolis, MN.: Center for Energy and Environment, 1998.

HODGSON, G.M. **Economics and institutions: a manifesto for a modern institutional economics**, Cambridge: Polity Press, 1988.

IEA, International Energy Agency “**Annual Report 2013**”, 2013.

JANNUZZI, G.; SWISHER, J. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis**. Campinas: Editora Autores Associados, 1997.

KAHNEMAN, D.; A. TVERSKY “**Prospect theory: an analysis of decision making under risk**”, *Econometrica*, Vol. 47, 1979.

KATZEV, R.; T. JOHNSON **Promoting energy conservation: an analysis of behavioural research**, Boulder: Westview Press, 1987.

KEMPTON, W.; HARRIS, C.K.; KEITH, J. G. e WEIHL, J. S. **Do consumers know what works in energy conservation?** in J. Harris and C. Blumstein (eds.), *What works: encouraging energy conservation in buildings*, Washington D.C.: American Council for an Energy Efficient Economy, 1984.

LABANCA, N. **Interaction and integration of White Certificates with other policy instruments - Recommendations & guidelines for decision makers**, Euro WhiteCert Project, 2007.

LIGHT, “**RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE - 2014**”. Disponível em: www.light.com. Acesso em: 10 fev. 2016.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**, The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1, 1952.

MCTI, Ministério da Ciência, da Tecnologia e Inovação, **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**, 2012.

MEDREG **Effects of the introduction of successful mechanisms to promote Energy Efficiency in non-EU countries**, 2010. Disponível em: www.iern.net/portal/page/portal/IERN_HOME/ICER_HOME/ABOUT_ICER/Publications/MedReg_Part_1.pdf. Acesso em: 10 mai. 2016.

MME, Ministério das Minas e Energia **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**, 2011.

MEYERS, S. e KROMER, S. “**Measurement and Verification Strategies for Energy Savings Certificates: meeting the challenges of an uncertain world**”, Energy Efficiency, Vol. 1, pp. 313-321, November 2008.

MILGROM, P. e ROBERTS, J. **Economics, Organisation and Management**, New Jersey: Prentice Hall, 1992.

MUNDACA, L. e NEIJ, L. **Policy recommendations for the assessment, implementation and operation of TWC schemes - Work Package 5 Euro WhiteCert Project**, 2007.

MUNDACA L. e NEIJ, L. **A multi-criteria evaluation framework for tradable white certificate schemes**. Energy Policy, 2009.

NEIJ, L. e MUNDACA, L. **"Handbook for the design and evaluation of TWC schemes - Work Package 5"** Euro WhiteCert Project, 2007.

NORMA ISO 50001 O'MALLEY E., SCOTT S., SORRELL S. **"Barriers to Energy Efficiency: Evidence from Selected Sectors"**, Policy Research Series, number 47, The Economic and Social Research Institute, JULY 2003.

OIKONOMOU, V. PATEL, M. **"White Certificates the "White and Green" consortium - White and Green Phase II "** Utrecht University, Copernicus Institute, Utrecht, 2004.

OIKONOMOU, V. **"White Certificates - An ex-ante evaluation of the scheme for the Dutch households"** - 11th International Workshop International Climate Policy University of Cologne, 2005.

OIKONOMOU, V. MUNDACA, L. **"Tradable white certificate schemes: What can we learn from tradable green certificate schemes?"** Energy Efficiency, 2008.

OIKONOMOU V. **Interactions of White Certificates for energy efficiency with other energy and climate policy instruments.** Groningen: Ipskamp Drukkers B. V., 2010.

OLADE, Organização dos Países Latino Americanos para o Desenvolvimento da Energia, **Seminário Eficiência Energética**, 08 de outubro de 2015.

PARENTE, V. "O potencial mal explorado da integração do suprimento de energia elétrica na América Latina: uma breve reflexão" In: Leonardo Nemer Caldeira Brant (Org.) **Desenvolvimento sustentável e matriz energética na América Latina: a universalização do acesso à energia limpa.** Belo Horizonte: Centro de Direito Internacional, 2016.

PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO **"DIRECTIVA 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho"** Jornal Oficial da União Europeia, 2006.

PAVAN, M. **Tradable energy efficiency certificates: the Italian experience**, Energy Efficiency, 1(4), 257-266, 2008.

PEREIRA DA COSTA, D. C. **Especificação de um Sistema de Certificados Brancos e Estudo do seu Impacto no Plano Nacional para a Eficiência Energética**, Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia, Universidade do Porto, jul/2009.

PINDICK, R. S. e RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**, Prentice Hall, 2010.

PINTO, A. G. Conversa telefônica com Professor UFRJ Agenor Gomes Pinto, ago. 2016.

PROCEL, **Programa Brasileiro de Conservação de Energia elétrica**. Disponível em: www.procelinfo.com.br. Acesso em: 15 set.2015.

RAP, REGULATORY ASSISTANCE PROJECT, **Best Practices in Designing and Implementing Energy Efficiency Obligation Schemes** - Research Report Task XXII of the International Energy Agency DSM Programme, 2012.

ROBINSON, J.B. “**The proof of the pudding: Making energy efficiency work**”, Energy Policy, September, pp. 631-645, 1991.

SANSTAD, A.H. e R.B. HOWARTH, **Consumer Rationality and Energy Efficiency**, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, ACEEE, 1994.

SANSTAD, A.H., C. BLUMSTEIN e S.E. STOFT “**How High Are Option Values in Energy Efficiency Investments?**”, Energy Policy, Vol. 23, No. 9, pp. 739-743, 1995.

SANTOS. A. H. C. **Avaliação Técnica e Financeira da Geração Fotovoltaica Integrada a Fachada de Edifícios Comerciais em São Paulo**, Programa de Pós-Graduação em Energia da USP – Tese de Doutorado, 2015

SCOTT, S. “**Household energy efficiency in Ireland: A replication study of ownership of energy saving items**”, Energy Economics, Vol. 19, pp. 187-208, 1997.

SIMON, H.A. **Models of Man**, New York: Wiley, 1957.

STERN, P.C. **Energy use: the human dimension**, New York: W.H. Freeman, 1984.

VOOGT, M. LUTTMER, M. e VISSER, E. D. "**Review and analysis of national and regional certificate schemes** " Euro WhiteCert Project, 2006.