

Série
ESTUDOS DE DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 11/16
Metodologia para Elaboração de
**Curvas de Custo e Potencial de
Conservação de Energia**

Rio de Janeiro

Abril de 2016



Ministério de
Minas e Energia



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



GOVERNO FEDERAL

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Carlos Eduardo de Souza Braga

Secretário Executivo

Luiz Eduardo Barata

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Moacir Carlos Bertol

Série
ESTUDOS DE DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 11/16
Metodologia para
Elaboração de
**Curvas de Custo e Potencial
de Conservação de Energia**



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Mauricio Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Ricardo Gorini de Oliveira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amilcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Gelson Baptista Serva

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

Coordenação Geral
Mauricio Tiomno Tolmasquim
Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Executiva
Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Técnica
Jeferson Borghetti Soares

Equipe Técnica EPE
Ana Cristina Braga Maia
Bernardo Zurlí Machado
Jeferson Borghetti Soares
Luiz Gustavo Silva de Oliveira
Monique Riscado da Silva
Patrícia Messer

Equipe Técnica GIZ
Carlos Tieleesch
Sebastian Schreier

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

SCN – Quadra 1 – Bloco C Nº 85 – Salas 1712/1714

Edifício Brasília Trade Center

70711-902- Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Rio de Janeiro
Abril de 2016

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	5
2	CURVAS DE CUSTO E POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO	9
2.1	INTRODUÇÃO	9
2.2	METODOLOGIA GERAL DE CONSTRUÇÃO DE CCP'S	13
2.3	CENARIZAÇÃO DE PARÂMETROS	16
2.3.1	POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	16
2.3.2	DIFUSÃO NO TEMPO	18
2.3.3	INTERAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
2.4	ABORDAGEM "BOTTOM UP" PARA CONSTRUÇÃO DAS CCP'S	20
2.4.1	IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	20
2.4.2	VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA ABORDAGEM "BOTTOM UP"	20
2.5	ABORDAGEM UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DAS CCP'S	21
2.6	PLANO OPERACIONAL PARA CONSTRUÇÃO DAS CCP'S PELA EPE	21
2.7	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DAS CURVAS DE CUSTO E POTENCIAL	25
2.7.1	ESTUDO MULTISSETORIAL ALEMÃO PARA UM HORIZONTE DE 10 ANOS	25
2.7.2	ESTUDO DO SETOR DE CIMENTO TAILANDÊS	26
2.7.3	ESTUDO MULTISSETORIAL ALEMÃO PARA UM HORIZONTE ATÉ 2035	27
2.7.4	AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DE ESTÍMULO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM O AUXÍLIO DAS CCP'S NA ALEMANHA	28
2.7.5	UTILIDADE DAS CCP'S PARA ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	29
2.8	ANÁLISE CRÍTICA E LIMITAÇÕES DA FERRAMENTA	30
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	35

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – INTERPRETAÇÃO DE UMA CURVA DE CUSTO E POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA FICTÍCIA	11
FIGURA 2 – POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	17
FIGURA 3 – CAMINHOS PARA A DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS EFICIENTES	18
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA METODOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO E USO DA CCP	24
FIGURA 5 – CUSTOS LÍQUIDOS DA ENERGIA CONSERVADA E CUSTO DE ABATIMENTO DE CO ₂ (PERSPECTIVA DE CUSTO TOTAL DE INSUMOS)	25
FIGURA 6 – CURVA DE OFERTA DE EFICIÊNCIA ELÉTRICA PARA O SETOR DE CIMENTO TAILANDÊS	27
FIGURA 7 - CURVA DE CUSTO E POTENCIAL PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ O ANO 2035.....	28
FIGURA 8 - POTENCIAIS E CUSTOS DE CONSERVAÇÃO PARA A ÁREA DE EDIFICAÇÕES.....	29
FIGURA 9 – INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS E CCP'S	30

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA DE UMA MEE.....	14
EQUAÇÃO 2: CUSTO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA DE UMA MEE	15
EQUAÇÃO 3: CUSTOS UNITÁRIOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA POR ANO	15

ANEXOS

ANEXO I: MODELO DE FICHA TÉCNICA DE DADOS	37
---	----

SIGLAS E ABREVIações

A_r^T - Fator de anuidade

BAT - “*Best Available Technology*”

BMWi - Ministério Alemão de Economia e Tecnologia

BEN - Balanço Energético Nacional

Ca_{ad} - Investimento adicional (diferença entre o atual e o eficiente)

C_{efMEE} - Custo líquido de conservação de energia

C_{GEE} - Encargos ambientais

$Co\&m_{ad}$ - Custos operação e manutenção adicional (diferença entre o atual e o eficiente)

CCE_{MEE} - Custos anualizados de conservação de energia

CCP - Curva de Custo e Potencial de conservação de energia

CERs - “*Certified emission reduction*” (redução de emissões certificadas)

CONPET - Programa Nacional da Racionalização do uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

CSC - “*Conservation Supply Curve*” (Curvas de Oferta de Conservação)

Curvas MAC - Curvas de custo marginal de abatimento de emissões de GEE

$dif_{atual_{ef}}$ - Difusão atual da medida de eficiência energética no estoque de instalações

$dif_{max_{ef}}$ - Difusão máxima da medida de eficiência energética até o final do período da análise

econE - Energia conservada

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ESCO - Empresa de Serviços de Conservação de Energia

GEE - Gases de efeito estufa

GIZ - *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*

IEA - “*International Energy Agency*” (Agência Internacional de Energia)

LED - “*Light emitter diode*” (diodo emissor de luz)

MEE - Medidas de Eficiência Energética

P&D - Pesquisa e desenvolvimento

PDE - Plano Decenal de Energia

pE - Custo da energia

PEE - Programa de Eficiência Energética

PNE - Plano Nacional de Energia

PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética

Pot_{MEE} - Potencial de conservação de uma medida de eficiência energética

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Q - Estoque total de instalações

r - Taxa de desconto

1 APRESENTAÇÃO

A Empresa de Pesquisa Energética - EPE, empresa pública instituída nos termos da Lei n° 10.847 e do Decreto n° 5.184, vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME, tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética.

Dentre as competências da EPE, estão “promover estudos e produzir informações para subsidiar planos e programas de desenvolvimento energético ambientalmente sustentável, inclusive, de eficiência energética”, bem como “promover planos de metas voltadas para a utilização racional e conservação de energia” (BRASIL, 2004).

Para que seja viabilizada a elaboração futura de programas de estímulo à eficiência energética - que dependem diretamente da avaliação de como novas tecnologias e práticas podem ser introduzidas nos setores consumidores - incluindo ações orientadas, é fundamental que sejam conhecidos o diagnóstico atual e as perspectivas de evolução da demanda energética, além de propostas visando a eficiência energética.

O crescente papel da eficiência energética como importante vetor no atendimento à demanda futura de energia da sociedade brasileira e mundial, tem sido recorrentemente apontado em diversos estudos. Nesse contexto, enquanto internacionalmente podem ser destacados o *World Energy Outlook* (produzido pela Agência Internacional de Energia - IEA) e o *Annual Energy Outlook* (elaborado pelo *Energy Information Administration/U.S DOE*), no âmbito nacional, citam-se o Plano Decenal de Energia (PDE), elaborado anualmente, o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

Em comum, estes estudos ressaltam que a sociedade não poderá prescindir do aumento da eficiência energética, como parte da estratégia de atendimento à demanda de energia. Além desse papel, a eficiência energética tem importante contribuição para a segurança energética, modicidade tarifária, competitividade da economia e redução de impactos ambientais, entre eles as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse sentido, o aproveitamento das oportunidades de eficiência energética exige uma visão integrada, tanto de oferta e de demanda energética, quanto de agentes envolvidos (governo, setor privado e sociedade em geral).

Nesse contexto, em 2007 foi publicado o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), que constitui o primeiro documento oficial de planejamento energético integrado do governo brasileiro, que aponta metas de eficiência energética de longo prazo para o país. Entre as contribuições do PNE 2030, destacam-se, principalmente:

- Explicitar, dentro do planejamento energético integrado nacional, o papel da eficiência energética na expansão de longo prazo do setor energético brasileiro, mediante a indicação de metas de eficiência energética;
- Contribuir para o estímulo de novos estudos na área;
- Indicar a necessidade de se estabelecer bases de dados aplicáveis à eficiência energética no Brasil, que permitam consolidar informações sobre o tema, monitorar o progresso de indicadores de eficiência energética e alimentar a análise de impacto de políticas relacionadas ao assunto.

Como consequência dos estudos do PNE 2030, elaborou-se o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), publicado em 2011, definindo um conjunto de diretrizes para que o montante de eficiência energética apontado no PNE 2030 seja alcançado. Posteriormente, a Portaria MME nº 601/2011 criou um grupo de trabalho (GT-PNEF) com a “...*finalidade de propor estratégias, elaborar Plano de Trabalho e sugerir critérios destinados à implementação e ao acompanhamento do Plano Nacional de Eficiência Energética...*”, no qual participam instituições tais como EPE, CEPEL, CONPET, INMETRO, ANEEL, ANP, MCTI, MMA e UNIFEI, sob coordenação do MME. Nesse grupo, coube à EPE conduzir a elaboração de um plano de trabalho para implantação de banco de dados e de informações sobre eficiência energética no Brasil (conforme diretriz constante no capítulo 1 do PNEf), abrangendo indicadores, tecnologias, metodologias, estudos e projetos de eficiência energética, entre outros.

Mais recentemente, em setembro de 2015, o Brasil divulgou a Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Dentre as medidas divulgadas, o Brasil pretende alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030.

Nesse sentido, a EPE estrutura sua contribuição ao planejamento da eficiência energética no Brasil através de ações estruturadas segundo três pilares:

- Formação de bases de dados sobre eficiência energética, o que inclui a identificação dos potenciais de eficiência energética bem como os custos associados aos mesmos;
- Elaboração de estratégias e portfólio de ações para incentivo ao aumento da eficiência energética no Brasil;
- Monitoramento do progresso de indicadores de eficiência energética em diversos setores, retroalimentando inclusive, a análise de impacto de políticas voltadas à eficiência energética.

Diante desse desafio, diversas ações vêm sendo realizadas pela EPE, dentre elas: estudos sobre a experiência do Reino Unido em políticas e programas de eficiência e possíveis

aplicações no Brasil, para os setores público, residencial e transportes; desenvolvimento de *software* que constrói cenários de demanda a partir de diferentes medidas de eficiência energética; e metodologia para avaliação de impactos de políticas. Estas iniciativas foram realizadas com o apoio da Embaixada Britânica.

Além disso, a EPE elaborou uma base de dados de indicadores ligados ao consumo energético setorial, em parceria com a GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*), e trabalha na atualização da base.

No contexto do presente estudo, dentre as ações necessárias a serem desenvolvidas, inclui-se a identificação das medidas de eficiência energética (MEE) aplicáveis a cada setor da economia, seus custos e possíveis mecanismos de incentivo à sua adoção. A elaboração das chamadas Curvas de Custo e Potencial de Conservação de Energia (CCP's) constitui-se em uma ação diretamente relacionada com a necessidade destacada.

Além de vincular potenciais de eficiência energética a MEE e custos para viabilizá-los, a elaboração destas curvas permite ainda: (i) monitorar a evolução de potenciais de conservação de energia (quando atualizadas periodicamente); (ii) identificar barreiras e gargalos da implementação de MEE; (iii) identificar um portfólio de possíveis ações de eficiência energética; (iv) comunicar e divulgar os potenciais e medidas de conservação de energia.

O levantamento a ser realizado para as CCP's possui a característica de identificar medidas de eficiência energética, com sua descrição e análise econômico-financeira, baseada em casos concretos.

Assim, sob o ponto de vista do planejamento energético nacional, o conhecimento dessas medidas e suas barreiras auxilia aos formuladores de política energética a desenhar e selecionar mecanismos e incentivos, customizados para determinados setores ou grupo de medidas, para promoção de ações de eficiência energética. Também é possível hierarquizar programas de incentivo em função dos benefícios e custos dimensionados para cada um. O potencial de aplicação das medidas resultante também permite aprimorar as ferramentas de estimativa da contribuição da eficiência energética na projeção de demanda energética. Além disso, a partir de um primeiro estudo, é possível identificar informações e dados mais frágeis, com maiores incertezas e maior impacto na análise, e então sugerir pesquisas primárias que aprimorem estes dados e conseqüentemente os resultados obtidos.

Com o processo de construção das CCP's é possível identificar, detalhar e padronizar medidas específicas, facilitando a comprovação da viabilidade financeira de uma mesma medida em diferentes instalações. O levantamento destas medidas customizadas auxilia a viabilização de leilões de eficiência energética e facilita o acesso a financiamento.

A elaboração de CCP's de conservação de energia também permite a fácil estimativa da curva de abatimento de emissões de GEE, pois quase todas as medidas de eficiência também são medidas de redução de emissões. Portanto, contribui aos esforços para a mitigação das mudanças do clima¹.

Para os agentes, por sua vez, a divulgação de informações relativas às MEE contribui para a redução da assimetria de informação existente neste tema, sendo a própria divulgação das curvas um dos meios de estimular a difusão da eficiência. O formato das CCP's, visual e amigável, facilita a interação entre “*stakeholders*”, sendo uma ferramenta compreensível para áreas técnicas, financeiras e gerenciais. A publicação das CCP's também é uma ferramenta de comunicação dos potenciais de eficiência energética com a sociedade.

Portanto, considerando a utilidade das CCP's, e visando introduzir a ferramenta como mais um instrumento orientador para o planejamento da eficiência energética no Brasil, a EPE vem se mobilizando para construir CCP's representativas para setores energo-intensivos brasileiros. Dentre os resultados obtidos até o momento são listados, principalmente, a definição de uma metodologia geral para a construção das CCP's e a definição de uma abordagem operacional para a aplicação da metodologia na realidade brasileira. O instrumento das CCP's vem sendo aplicado para identificar potenciais de conservação no setor de edificações e em diversos segmentos industriais, e os resultados desses estudos serão publicados posteriormente.

Finalmente, cabe destacar que esse projeto deriva das atividades conjuntas entre a EPE e a GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH*), no âmbito da Cooperação Técnica na área de energia entre o Brasil e Alemanha.

¹ A Curva de Custo Marginal de Abatimento de emissões de GEE pode incluir outras medidas além das de eficiência energética, como troca de combustível ou metano evitado em aterros sanitários, que não seriam obtidas na CCP de conservação de energia.

2 CURVAS DE CUSTO E POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

2.1 Introdução

O conhecimento dos potenciais de eficiência energética é um dos pilares fundamentais para que sejam identificadas e direcionadas as ações apropriadas para que os mesmos possam ser efetivamente aproveitados. Este conhecimento, em conjunto com um portfólio adequado de políticas e o monitoramento do progresso da eficiência energética, compõe a abordagem sistêmica necessária para a promoção do uso eficiente de energia no Brasil.

Nesse contexto, é apropriado dispor de abordagens que permitam identificar medidas de eficiência energética (MEE) e de ferramentas para analisar seus respectivos potenciais de conservação nos diferentes setores. A chamada Curva de Custo e Potencial (CCP) de Conservação de Energia² é um instrumento bastante apropriado e valioso para a compreensão e para a classificação dos potenciais de eficiência energética conforme a custo-efetividade de diferentes MEE, facilitando e auxiliando o processo de tomada de decisão sobre a priorização das MEE a serem incentivadas (Meier, 1982; Hasanbeigi et al 2010).

As primeiras curvas de custo foram desenvolvidas após os choques do petróleo, na década de 1970, e tiveram como objetivo reduzir o consumo de petróleo (custo calculado em \$/barril). Posteriormente, foram utilizadas para o cálculo da economia de eletricidade (\$/kWh) e disponibilidade de água adicional (\$/m³). Em 2005, o *Wuppertal Institute* criou estudo para análise de 70 tecnologias associadas a MEE, identificando o seu potencial para redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂), principal GEE de origem antrópica, e para economia ou substituição de energia junto ao consumidor final na Alemanha (Fischedick, 2010). No Brasil, destaca-se o estudo desenvolvido por McKinsey&Company (2009) sobre opções de mitigação de emissões de GEE no país, apresentando as curvas de custo e potencial para o ano de 2030.

A CCP é um gráfico em duas dimensões no plano cartesiano, construído com os potenciais de eficiência energética de diversas MEE plotados no eixo “x” e os custos líquidos por energia conservada no eixo “y”. A CCP pode representar uma instalação, uma empresa, um setor da economia ou diversos setores juntos.

² Na literatura internacional a ferramenta é conhecida também como “curvas de custos de conservação de energia” ou, ainda, “curvas de oferta de energia conservada”. Para sua implementação no Brasil, a ferramenta foi chamada de Curvas de Custo e Potencial (CCP) de Conservação de Energia.

Para o cálculo do potencial de conservação de energia é necessário identificar MEE a partir da análise de cada processo (análise “*bottom up*”³), estimar o potencial de conservação de cada MEE em uma instalação, para então extrapolar esse potencial para todas as unidades que poderiam aplicar as MEE, dentro dos limites definidos. Para isso é necessário entender a situação atual do consumo energético no segmento estudado. Deve-se determinar o tipo de potencial que será considerado (técnico, econômico ou de mercado⁴) e a ótica de difusão no tempo⁵.

Para o cálculo do custo, é necessário realizar uma análise econômico-financeira para cada MEE, considerando as variações no fluxo de caixa.

Quando um investimento já está programado, como a troca de um equipamento por outro padrão, com um valor adicional é possível adquirir um equipamento eficiente, em geral mais caro. Neste caso, a avaliação financeira da MEE deve considerar apenas o investimento adicional em eficiência, uma vez que a aquisição do equipamento padrão já ocorreria.

Na curva, as MEE são ordenadas do menor custo para o maior custo. O eixo “x” apresenta o potencial acumulado das medidas que estão à esquerda do ponto de análise. Por exemplo, se o gráfico termina em 100 kWh/ano, significa que a soma do potencial de todas as medidas apresentadas totaliza 100 kWh/ano. Para analisar cada medida individualmente, basta observar os “degraus”, sendo a largura o potencial de conservação daquela medida, e a altura o custo por unidade de energia conservada.

Os potenciais são indicados em unidade de energia que pode ser conservada (p.ex. Wh, tep ou J) em um determinado intervalo de tempo (p.ex. por ano). O custo líquido é o custo decorrente da conservação de uma unidade física de energia, adotando assim unidades como R\$/kWh ou R\$/GJ.

Com isso é possível representar graficamente, de maneira simples, quais são os potenciais e os custos relacionados às MEE identificadas durante a análise (Figura 1).

³ Veja item 2.4 adiante.

⁴ Vide item 2.3.1 adiante.

⁵ Vide item 2.3.2 adiante.

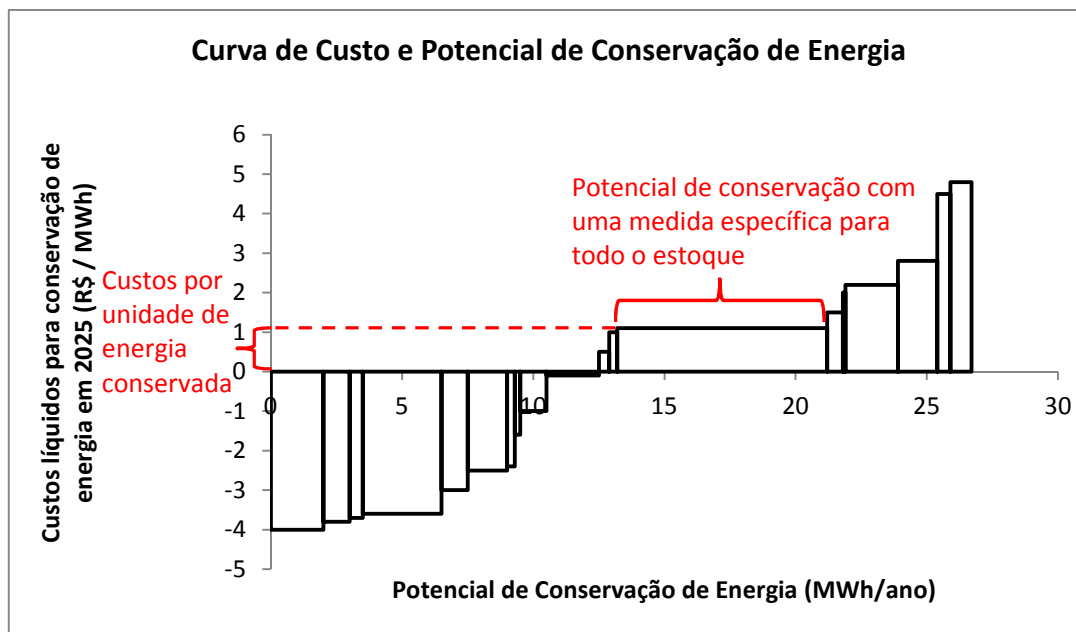


Figura 1 - Interpretação de uma curva de custo e potencial de conservação de energia fictícia
Fonte: Elaboração EPE a partir de Schreier (2010)

Quando os custos líquidos são negativos, significa que a medida é custo-efetiva, resultando em um ganho econômico-financeiro para o investidor ou para a sociedade, a um dado preço de energia e taxa de desconto. Já as medidas com custo líquido positivo repercutem em custos adicionais, mesmo depois da dedução dos custos energéticos evitados, portanto requerem estímulo para a implementação das mesmas. Simplificadamente, os custos são negativos quando a economia com a redução de energia ao longo da vida útil da MEE compensa o investimento realizado para implementar a tecnologia eficiente.

Uma primeira interpretação para as MEE que não são implementadas, embora custo-efetivas, é a existência de barreiras para sua aplicação. Inúmeras barreiras explicam a existência de oportunidades não aproveitadas para aumentar a eficiência energética. Barreiras são quaisquer obstáculos que dificultem a difusão e adoção de tecnologias energeticamente eficientes. Na literatura, as barreiras são vistas sob diversas perspectivas, levando a diferentes tipos de classificação. Delgado (1996) as classifica em:

- **Tecnológicas:** indisponibilidade de equipamentos eficientes a custos competitivos; falta de capacitação para dimensionar serviços e equipamentos; tecnologias pouco consolidadas.
- **Culturais:** falta de conhecimento das técnicas de uso eficiente; decisão de compra pelo custo do equipamento e não do seu ciclo de vida; tendência ao desperdício; priorização de investimentos na produção/consumo e não em eficiência; não estabelecimento de sistema de gestão de energia.

- **Econômicas:** custo da energia com pouco impacto no orçamento; juros elevados; incerteza quanto à evolução dos preços da energia; risco de paralização com perda de produção; risco de perda de qualidade da produção.
- **Financeiras:** dificuldade de crédito e competição com investimentos no próprio negócio; dificuldade de ESCO's fornecerem garantias; período de “payback” elevado.
- **Institucionais:** instabilidade regulatória, responsabilidade dividida⁶ (Geller, 1994).

Adicionalmente, podem haver barreiras em função de custos de transação, questões contratuais, governança corporativa, e assimetria de informação, com o desconhecimento dos potenciais de eficiência energética.

A eficiência energética pode ser vista como um bem público que gera externalidades positivas, como a redução de investimentos em expansão do sistema elétrico e redução de emissões de GEE. Por ser um bem público, a eficiência não é precificada, e portanto não é incluída de forma completa na análise do investidor privado. Apenas com a internalização destas externalidades é possível atingir o ótimo social. Mesmo que a análise financeira de um projeto de eficiência conclua que o mesmo não é suficientemente rentável para o investidor, o projeto pode ser interessante para a sociedade, devido às externalidades. Portanto, cabe ao setor público identificar e aplicar políticas públicas que busquem superar as barreiras existentes, motivando investimentos em eficiência, visando o ótimo social.

É importante destacar que, para o cálculo dos custos, a escolha da ótica sob a qual serão calculados é fundamental, pois os parâmetros de avaliação poderão variar. Por exemplo, as taxas mínimas de atratividade e os custos incluídos divergem entre a ótica do investidor privado e a social, e por consequência, variam também os resultados obtidos para as CCP's e a sua interpretação.

Vale ressaltar que a obtenção de curvas com resultados representativos requer um levantamento de dados intensivo e cuidadoso, com abordagem “*bottom up*”, que analisa o detalhe de cada tecnologia. É provável que seja preciso adotar premissas para estimar parâmetros relacionados às tecnologias, e principalmente para modelar como será a difusão das MEE nas instalações aptas a aplicar as mesmas.

Neste sentido, apresentam-se nos próximos capítulos a metodologia geral para a construção das CCP's, os parâmetros e conceitos utilizados na definição da metodologia.

⁶ Quando há mais de um tomador de decisão, resultando em altos custos de transação.

2.2 Metodologia Geral de Construção de CCP's

Visando introduzir o leitor na metodologia de cálculo das CCP's, será descrita nesta nota técnica a metodologia básica aplicada para estimar o potencial de conservação de energia relacionado à implementação de uma MEE específica, assim como seu custo líquido relacionado.

Primeiramente, devem ser delimitados os limites do estudo, dependendo do seu objetivo. A análise pode ser realizada para uma unidade consumidora de energia (fábrica industrial, residência etc.), uma empresa, um segmento, um setor, ou a nível nacional, todos com a mesma metodologia. A diferença está nos dados utilizados e agregação/generalização dos resultados. É necessário definir um período de análise, que pode ser, por exemplo, a vida útil de uma tecnologia ou um período fixo de dez anos. Conforme será explicado no item 2.3, a ótica utilizada para o estudo também influencia no resultado.

Em seguida, deve-se realizar uma avaliação do estágio atual do objeto de estudo para o ano base da análise, principalmente no que tange o consumo de energia e tecnologias utilizadas. A idade atual e vida útil das tecnologias energéticas utilizadas, o consumo específico de cada processo e o número de unidades (p.ex. residências, plantas industriais ou produção) também são informações relevantes para a identificação e caracterização do estoque de instalações aptas a aplicar as MEE. É importante que o estoque considerado seja o mais homogêneo possível, e que seja desagregado com base nos diferentes processos e equipamentos utilizados.

No processo de estimativa dos degraus da CCP, a análise dos custos e do potencial é feita considerando a aplicação da MEE em uma unidade consumidora do estoque. Para tal, é importante definir uma instalação que represente o segmento analisado, pois os valores obtidos serão aplicados a todo o estoque para a extrapolação. Em alguns setores heterogêneos, a determinação de uma instalação padrão é um desafio adicional, devido à diversidade de equipamentos e suas características.

No setor de edificações, por exemplo, são agrupadas edificações relativamente homogêneas, como escritórios comerciais pequenos, e definidas tipologias com determinadas características, para então realizar as análises sobre determinada tipologia.

Para essa elaboração, é necessário analisar o objeto estudado quanto às tecnologias utilizadas, de modo a identificar as diversas MEE aplicáveis. Em seguida, é definido um indicador apropriado para a análise, como toneladas produzidas, no caso industrial, ou área construída, no caso de edificações. O indicador pode variar de medida para medida. Diversos parâmetros da análise serão divididos pelo indicador selecionado, ou seja, são aplicados valores unitários ou específicos.

Para fins didáticos, será usado como exemplo o indicador de número de residências (*res*), a MEE será a troca de geladeiras por outras mais eficientes, e a unidade de energia será kWh.

O potencial de conservação de uma MEE (Pot_{MEE}) pode ser calculado a partir de Equação 1.

$$Pot_{MEE,T} \left[\frac{kWh}{ano} \right] = \left\{ dif_max_{ef,T} [\%] \times Q_T [res] - dif_{atual_{ef,t0}} [\%] \times Q_{t0} [res] \right\} \times econE \left[\frac{kWh}{res} \right]$$

Equação 1: Potencial de conservação de energia de uma MEE

A quantidade de residências, em determinado ano, nas quais é possível aplicar a MEE de troca de geladeiras, incluindo as que já aplicaram, é o estoque total (Q)⁷. Para avaliar o potencial no final do período de análise, deve-se estimar o estoque futuro.

A difusão é o percentual do estoque com a MEE implementada. É comum que, no marco de aplicação da MEE analisada, a mesma já tenha sido aplicada em parte do estoque. Portanto, na modelagem, o percentual de residências que já tenham adquirido geladeiras eficientes no ano base é a difusão atual da MEE ($dif_{atual_{ef}}$) no estoque.

Por fim, o cálculo do potencial utiliza um valor médio de conservação de energia por residência ($econE$) advindo da implementação de uma MEE determinada em uma instalação típica.

A diferença entre o percentual de difusão no final do período da análise e no instante inicial, multiplicado pelo número de residências que poderiam vir a aplicar a MEE (Q), vezes a conservação de energia por residência ($econE$) resulta no potencial de eficiência da MEE por ano ($Pot_{MEE,t}$).

Assim, o potencial que venha a ser calculado com a Equação 1 para uma MEE específica será finalmente representado como um degrau da CCP.

A partir do potencial, é realizada uma análise da viabilidade econômico-financeira da MEE, para determinar quais MEE são custo efetivas e ordenar as MEE em função do ganho econômico-financeiro. Será calculado o custo líquido da aplicação de uma MEE, considerando as variações no fluxo de caixa da instalação e a vida útil da MEE.

Parâmetros como a taxa de desconto, o custo da energia e quais outros custos serão incluídos depende da ótica utilizada, conforme será detalhado no item 2.3.

⁷ No setor industrial, caso o indicador utilizado seja tonelada produzida, o estoque será a quantidade de produção que poderia aplicar a MEE.

Assim como na análise do potencial, os custos são estimados com base em uma instalação representativa, e divididos por um indicador adequado (número de residências, conforme o exemplo utilizado). Portanto, são custos específicos.

O custo líquido de conservação de energia (C_{efMEE}) é calculado como a razão entre os custos anuais de conservação de energia por residência (CCE_{MEE}) e a conservação de energia por residência ($econE$), subtraído pelo preço da energia conservada (pE), conforme apresentado na Equação 2.

$$C_{efMEE} \left[\frac{R\$}{kWh} \right] = \frac{CCE_{MEE} \left[\frac{R\$}{res} \right]}{econE \left[\frac{kWh}{res} \right]} - pE \left[\frac{R\$}{kWh} \right]$$

Equação 2: Custo de Conservação de Energia de uma MEE

Sendo o CCE_{MEE} obtido pela Equação 3:

$$CCE_{MEE} \left[\frac{R\$}{res} \right] = Caq_{ad} \left[\frac{R\$}{res} \right] \times \frac{1}{A_r^T} + Co\&m_{ad} \left[\frac{R\$}{res} \right] - C_{GEE} \left[\frac{R\$}{res} \right]$$

Equação 3: Custos unitários de conservação de energia por ano

A aplicação de uma MEE pode implicar em custos iniciais de aquisição e instalação de novos equipamentos eficientes (Caq_{ad}), e na variação dos custos de operação e manutenção ($Co\&m_{ad}$).

Como os custos de aquisição ocorrem apenas no início e os custos de O&M e a economia com energia ocorrem ao longo do período, estimados em base anual, os custos de iniciais precisam ser anualizados, considerando a vida útil da MEE ('T' anos) e uma taxa de desconto apropriada (r), através do fator de anuidade (A_r^T)⁸. Na Equação 3 também foram incluídos os custos evitados por eventuais encargos ambientais⁹ (C_{GEE}).

É possível, ainda, considerar efeitos colaterais (p.ex. no setor industrial, o aumento na qualidade dos produtos devido ao uso de tecnologias modernas, e necessidade de parada da produção) e custos externos (p.ex. redução da poluição local), tornando a modelagem mais extensa e complexa, exigindo informações de difícil mensuração.

⁸ $A_r^T = \frac{1}{r} \times \left[1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right]$, sendo 'r' a taxa de desconto e 'T' número de períodos da análise.

⁹ Nas aplicações dessa metodologia na Europa são utilizados os custos dos certificados de emissões de GEE, que as empresas deveriam pagar caso emitam mais do que a quantidade de permissões de emissão que possuem, ou que as empresas poderiam vender caso emitam menos que suas permissões.

Cabe ressaltar que para calcular os custos de implementação, podem ser utilizadas duas abordagens: considerar os custos totais de aquisição e instalação dos equipamentos eficientes, ou apenas a diferença entre os custos de aquisição de um equipamento convencional (menos eficiente) e os custos de aquisição de equipamentos eficientes. Em vista de que os estudos de custo e potencial de MEE têm como objetivo mostrar o valor econômico ligado principalmente à conservação de energia (e não a todo o equipamento), a segunda abordagem é a empregada na maioria dos estudos (Fleiter, 2012; Franhoufer-ISI, 2011 etc.).

Entretanto, para que o cálculo dos custos de conservação seja realista, se recomenda considerar a implementação das MEE em equipamentos e processos que tenham atingido o final da sua vida útil, ou na ampliação ou estabelecimento de novas unidades. Do contrário, outros custos deveriam ser considerados no cálculo.

Como metodologia básica do cálculo dos potenciais de conservação de energia e seus custos, as equações apresentadas neste capítulo são bastante representativas. Ressalta-se que, segundo o setor ou a área analisada, devem ser feitas adaptações na metodologia de cálculo respeitando as especificidades características de cada caso.

2.3 Cenarização de parâmetros

A elaboração da CCP demanda a escolha da abordagem a ser utilizada, no que se refere ao tipo de potencial (técnico, econômico ou de mercado), e à ótica de difusão no tempo (se a análise é estática ou dinâmica, e qual o período da análise). As escolhas efetuadas, por sua vez, terão papel decisivo no significado dos resultados apresentados.

A seguir são apresentadas as possíveis abordagens acima mencionadas. A abordagem a ser utilizada pela EPE será apresentada no item 2.5 desta nota técnica.

2.3.1 Potenciais de Conservação de Energia

Distinguem-se três tipos de potencial: técnico, econômico e de mercado, que serão definidos a seguir, como mostra a Figura 2.

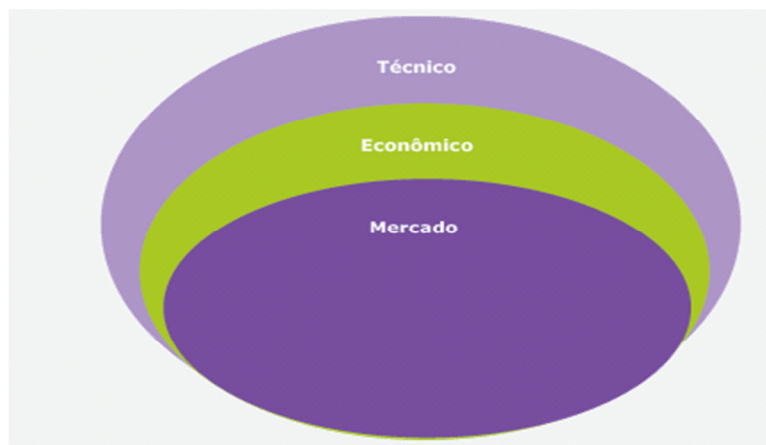


Figura 2 - Potenciais de Conservação de Energia

Fonte: EPE (2007)

O potencial técnico representa a difusão máxima das medidas, considerando que todos os equipamentos e processos serão substituídos por outro mais eficiente, e deve ser usado para balizamento de estudos. Não são considerados aspectos econômicos (EPE, 2008).

O potencial econômico indica o potencial de eficiência energética caso sejam aplicadas todas as MEE com viabilidade técnica e econômica. A viabilidade econômica pode ser calculada a partir da ótica da expansão do setor elétrico, considerando a taxa de desconto típica do setor elétrico e o custo marginal da expansão, e assim é possível definir quando é preferível investir em eficiência energética antes de expandir o sistema (EPE, 2008). Em estudos de mitigação das mudanças climáticas, a avaliação financeira considera custos e taxa de desconto social, e internaliza determinado preço de carbono, resultando no potencial custo-efetivo de redução de emissões (IPCC, 2007).

O potencial de mercado é o mais restrito. Considera as medidas com viabilidade técnica e econômica, mas diferente do potencial econômico, a avaliação é feita a partir da ótica do investidor/consumidor de energia, utilizando variáveis como custos e taxa de desconto específicas do investidor em eficiência energética. Este potencial pode não ser totalmente concretizado em função da existência de imperfeições de mercado e barreiras (EPE, 2008). Portanto, parte do potencial de mercado será realizado de forma autônoma, considerando as políticas de incentivos existentes, e parte não será aproveitada. A formulação de políticas de incentivo à eficiência energética podem focar na minimização das barreiras, a fim de realizar o potencial não aproveitado (EPE, 2008).

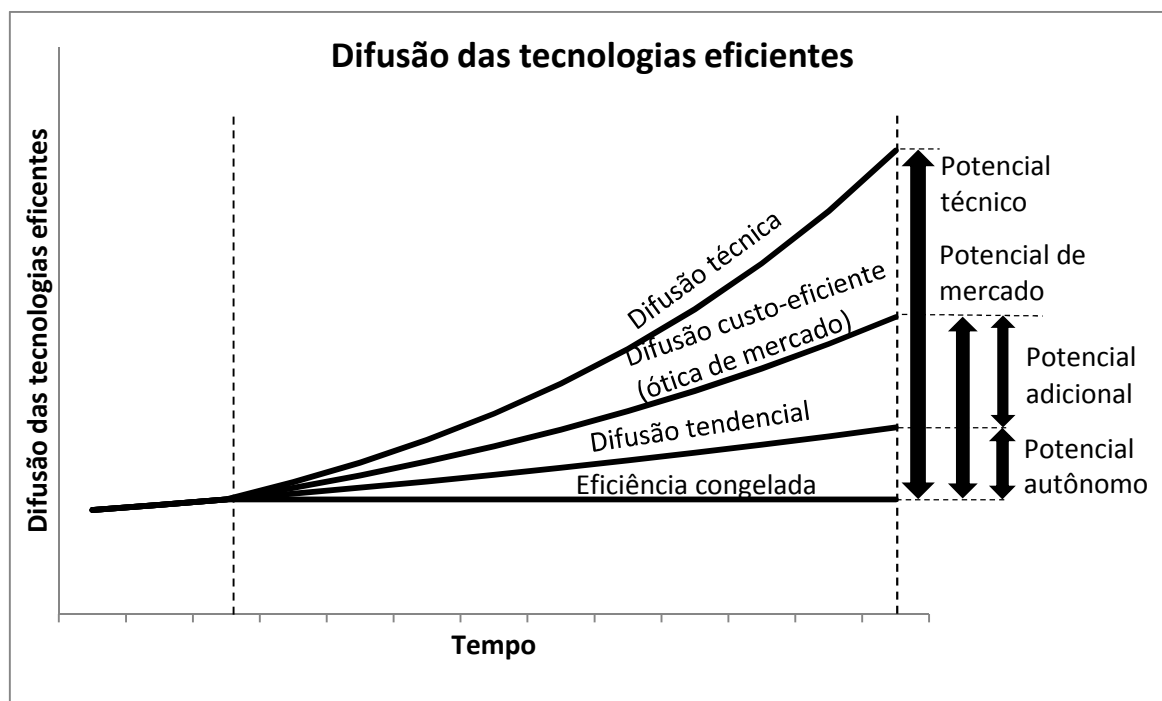


Figura 3 - Caminhos para a difusão das tecnologias eficientes

Fonte: Adaptado de Fleiter (2012)

2.3.2 Difusão no tempo

Outro aspecto relacionado aos potenciais refere-se à taxa de penetração das MEE. Neste sentido, é possível dividir o potencial em estático e dinâmico, conforme definido a seguir (Fischedick, 2010).

✓ *Potencial estático*

O potencial estático é uma representação do ganho de eficiência energética que o setor ou segmento analisado poderia já ter atingido no momento de elaboração da CCP. É o potencial de conservação se todo o estoque de equipamentos existente já tivesse sido submetido à aplicação de determinada MEE no ano inicial da análise.

Esse potencial identifica a máxima eficiência energética que poderia ser alcançada em condições de viabilidade técnica e econômica, sendo importante destacar que não é uma visão realista sob o ponto de vista de implementação. Para esse tipo de potencial, é considerado que no momento da análise, quando ocorreria a substituição, todos os dispositivos ou sistemas estão no final da sua vida útil.

✓ *Potencial dinâmico*

O potencial dinâmico é baseado em um modelo de projeção que deve representar, para um horizonte de tempo específico, a tendência da difusão dos equipamentos e as práticas eficientes (representados pelas MEE) em um determinado setor ou segmento setorial, assim como considerar a implementação das MEE respeitando a vida útil dos equipamentos

atualmente instalados. Para essa modelagem são calculadas taxas de reposição dos equipamentos (p.ex. quantos motores elétricos são substituídos anualmente por terem atingido o final da vida útil), o que permite calcular um potencial aplicando uma abordagem que se aproxima mais da dinâmica real de difusão destas MEE. Algumas MEE poderiam ser aplicadas a qualquer momento, como melhorias na operação e manutenção e instalação de equipamentos e revestimentos adicionais (p. ex. melhoria no sistema de isolamento térmico). Para o cálculo do potencial dinâmico, as projeções são feitas levando-se em consideração as previsões a seguir:

- A evolução dos custos de implementação das MEE, em função do aprendizado tecnológico e ganhos de escala;
- O consumo de energia ao longo do tempo, com a introdução de novas tecnologias energéticas mais eficientes (por exemplo, lâmpadas de LED);
- A vida útil dos equipamentos instalados e em uso;
- A evolução dos preços dos energéticos.

Considerando o período da análise, na avaliação de curto e médio prazo é esperado que possam ser aplicadas MEE já comercializadas e estabelecidas no mercado. Já em uma análise de longo prazo, pode-se esperar o amadurecimento de algumas MEE em fase de demonstração ou sendo estudadas com pesquisa e desenvolvimento (P&D).

2.3.3 Interação entre as medidas de eficiência energética

Além dos parâmetros já apresentados, vale destacar que algumas MEE interagem entre si, resultando que a soma do potencial individual das MEE é maior que o potencial total, podendo haver sobreposição ou dupla contagem (Henriques Junior, 2010).

Isto pode ocorrer, por exemplo, no caso de medidas que envolvam a troca de lâmpadas por outras mais eficientes (MEE 1) e aumento da iluminação natural (MEE 2). A MEE 2 reduz o uso de lâmpadas, e a redução de energia é função do consumo por lâmpada e o número de lâmpadas que deixarão de ser usadas. Entretanto, se também for aplicada a MEE 1, o consumo por lâmpada será menor, e a redução de consumo com a MEE 2 também será menor.

Apesar disso, pode ser interessante saber o potencial individual de cada medida, no caso incentivos com políticas públicas específicas, por exemplo. Para obter o potencial total, é necessário observar quais medidas interagem entre si e definir quais seriam implementadas antes, seja pelo menor investimento necessário ou dificuldades, para então estimar o potencial resultante.

2.4 Abordagem “*Bottom Up*” para Construção das CCP’s

2.4.1 Identificação de medidas de eficiência energética

Para estimar o potencial de conservação de energia é possível utilizar uma abordagem “*bottom up*” ou uma “*top down*”.

A abordagem “*top down*” baseia-se na substituição de energéticos a partir da elasticidade do consumo, baseada predominantemente em taxas observadas historicamente, considerando que se manterão no futuro. Os fluxos de consumo entre os setores produtivos, consumidor final e governo são baseados na matriz insumo-produto.

A falta de detalhamento tecnológico e a apresentação de resultados agregados resulta em algumas limitações para a abordagem “*top down*”: esta projeta um potencial limitado de transformações de consumo energético na economia, e pode sugerir alterações com implicações físicas não realistas por não possuir detalhamento técnico suficiente; resulta, em geral, em custos de abatimento superestimados; não reflete diferentes possibilidades de MEE para reduzir determinado consumo, e portanto não compara seus custos e características tecnológicas (Kesicki, 2011).

Já a abordagem “*bottom up*” parte da consideração das tecnologias, processos e procedimentos utilizados no caso base e outros mais eficientes, que poderiam proporcionar redução de consumo. Portanto, a análise parte de um equipamento ou processo produtivo de uma unidade consumidora (p. ex. industrial, residencial), para depois extrapolar para todas as unidades nas quais a MEE pode se aplicar. Para isso, é necessário um conhecimento aprofundado do setor ou segmento em questão, tanto para a identificação de possíveis MEE, quanto para a estimativa do potencial e de como pode ser a difusão das MEE. Também é preciso estudar cada MEE, para identificar os custos e economias associados à MEE, e o seu potencial de economia de energia.

2.4.2 Vantagens e limitações da abordagem “*Bottom Up*”

A principal vantagem da abordagem “*bottom up*” é inclusão de detalhes tecnológicos, enquanto as principais limitações são a necessidade de intensa coleta de dados e não indicar os efeitos sobre a macroeconomia.

O uso da abordagem “*bottom up*” permite uma análise de incertezas, considerando a confiabilidade dos dados de custo da tecnologia, eficiência, vida útil da tecnologia e data de implementação da MEE.

Uma abordagem híbrida poderia se beneficiar das vantagens de ambas as abordagens, porém exige uma modelagem mais complexa e com maior esforço associado.

Para a construção de CCP's recomenda-se utilizar a abordagem “*bottom up*”, que apresenta informações mais precisas e completas sobre como a conservação de energia ocorrerá.

2.5 Abordagem Utilizada na Elaboração das CCP's

Para a elaboração das CCP's, foi realizada uma análise “*bottom up*” de medidas de eficiência energética já estabelecidas no mercado. Foi estimado o potencial de mercado, considerando o preço da energia e o custo de oportunidade do investidor em eficiência.

A análise é estática e também dinâmica, com o horizonte temporal até 2025. A difusão é estimada considerando a penetração autônoma das medidas, com as políticas hoje existentes, e também considerando um cenário no qual não há barreiras e imperfeições de mercado. A diferença entre a difusão autônoma e a difusão sem barreiras é o potencial adicional de eficiência que poderia ser atingido com incentivos.

A análise é realizada para cada segmento, em função da heterogeneidade dos processos, oportunidades de eficiência, custo da energia e custos de oportunidade. Entretanto, algumas medidas serão comuns a mais de um segmento, como as relacionadas a motores elétricos, sistemas de ar comprimido, iluminação, dentre outros.

2.6 Plano Operacional para Construção das CCP's pela EPE

Apesar de o conceito das CCP's de conservação de energia ser relativamente uniforme e bastante claro, existem diversas abordagens utilizadas para sua construção. Esta questão pode ser mais bem compreendida quando analisada na esfera das curvas de emissões de gases de efeito estufa. Como as curvas de custo marginal de abatimento (Curvas MAC¹⁰) são um produto mais difundido que as curvas de custo e potencial de conservação de energia, é possível verificar que existem diversas metodologias de construção, cada uma com premissas específicas e diferentes umas das outras.

Por este motivo, este item apresenta a metodologia de construção das CCP's elaboradas pela EPE em parceria com a GIZ, no âmbito da Cooperação Técnica entre o Brasil e Alemanha.

Por ser uma ferramenta que tem um caráter de modelagem “*bottom up*”, demandando assim uma grande quantidade de dados, o primeiro passo necessariamente deve ser a definição de uma segmentação que consiga criar grupos de instalações consumidoras de energia com o maior grau de homogeneidade possível. Ou seja, devem ser escolhidos os setores, regiões, energéticos e processos que serão mapeados e terão seus dados coletados para a construção

¹⁰ Sigla do inglês, “*Marginal Abatement Cost Curves*”.

da curva. Assim uma mesma MEE pode ser representada de forma semelhante para todo o setor ou subsetor. Isso indica que a curva resultante será representativa somente da segmentação definida, como por exemplo, um setor ou subsetor específico..

Realizada essa segmentação, o **segundo passo** é a caracterização do estado atual (“diagnóstico”). Nesta etapa todos os processos, tecnologias, padrões operacionais, estrutura do mercado, características dos insumos e produtos, além de quaisquer outros fatores relevantes para a construção das CCP’s devem ser relacionados e analisados em termos de consumo energético e ineficiências. O objetivo é buscar representar a situação atual do setor (estado da arte).

O **terceiro passo** é semelhante ao segundo, contudo é responsável pela identificação e caracterização das medidas de eficiência. Ou seja, é neste passo que são caracterizadas todas as variáveis anteriores, e quaisquer outras necessárias, que estão no estado da arte no que tange a eficiência energética, definindo quais são as medidas de eficiência possíveis para a segmentação definida. Parte dos resultados deste passo, juntamente com parte dos resultados do passo anterior, são responsáveis pela definição da linha de base e a outra parte é responsável pela definição do cenário de estado-da-arte.

O **quarto passo** é o mais intensivo em recursos, pois é neste que são coletados todos os dados caracterizados nas etapas anteriores: dados de tecnologias, processos, procedimentos operacionais, do estado da arte e das medidas de eficiência. Esta coleta pode ser realizada de diversas maneiras, porém o instrumento guia para a mesma são as fichas técnicas de dados. Estas fichas são montadas após o terceiro passo, com as caracterizações já definidas. A elaboração das mesmas é fundamental para a coleta dos dados, pois serve como guia para tal.

As fichas de dados são os documentos que contém todas as informações necessárias, por MEE, para os cálculos dos custos e dos potenciais de cada medida. . Elas são responsáveis por caracterizar as MEE sendo capazes de fornecer todas as informações fundamentais de custos, investimentos e observações relevantes da medida. Estas fichas contemplam duas perspectivas temporais, a estática e a dinâmica.

As fichas de dados possuem três tipos de dados, os dados primários ou básicos, dados intermediários e os dados de saída. Os dados básicos são os dados que devem ser efetivamente coletados, os dados intermediários são dados tratados a partir dos dados básicos, que são utilizados para a construção dos dados de saída, que são o custo líquido da medida e seu potencial de conservação. O modelo de ficha utilizado encontra-se no anexo I.

Esta coleta através das caracterizações e fichas técnicas, além de atender o objetivo de construção das CCP’s, ainda alimenta um banco de dados de informações energéticas “*bottom up*” para diversos setores.

O **quinto** e **sexto** passos são consequência natural do processo de construção. No **quinto** passo são analisadas e processadas todas as informações coletadas e realizados os cálculos necessários para obtenção dos dados de entrada da CCP, os custos líquidos e os potenciais de eficiência energética. As próprias fichas já realizam os cálculos, mas pode ser preciso padronizar a unidade de medida de energia das medidas, por exemplo. O **sexto** passo é a construção da curva com os dados calculados no quinto passo.

O **sétimo** passo, apesar de óbvio, é de extrema importância. Nesta etapa são feitas as interpretações da curva, bem como as análises de consistência. Este passo tem como resultado uma análise que indica as possibilidades de ação de eficiência para a segmentação definida dadas as premissas assumidas ao longo do desenvolvimento da curva.

Os passos seguintes, **oitavo** e **nono**, são subsidiados pelas análises realizadas na etapa anterior. No **oitavo** passo, há a divulgação das CCP's, e as mesmas serão apresentadas e discutidas com “*stakeholders*” para validação e realização de eventuais ajustes. No **nono** são elaboradas propostas de planos de ação para a realização dos potenciais calculados.

Finalmente, os **décimo** e **décimo-primeiro** passos são expectativas futuras de utilização das CCP como auxiliares na tomada de decisão e comunicação de programas/políticas de conservação de energia e no monitoramento do potencial de conservação de energia.

Cumpridas todas as etapas, a curva pode ser utilizada pelos mais diversos agentes: regulador, planejador, distribuidoras, consumidor final, entre outros, para auxiliar na elaboração de políticas, no planejamento energético ou na tomada de decisões de investimentos em eficiência energética.

A EPE está desenvolvendo as CCP's em parceria com a GIZ, no âmbito da Cooperação Técnica entre o Brasil e Alemanha, baseada em informações fornecidas por consultores especializados em energia e em setores específicos.

Um consumidor final que ainda não possui preocupação com o tema, por exemplo, pode se sentir incentivado a tomar uma atitude ou executar seu próprio diagnóstico energético ao ver os potenciais de ganho do setor em que está inserido retratados na curva.

O fluxograma a seguir representa a metodologia de construção descrita.

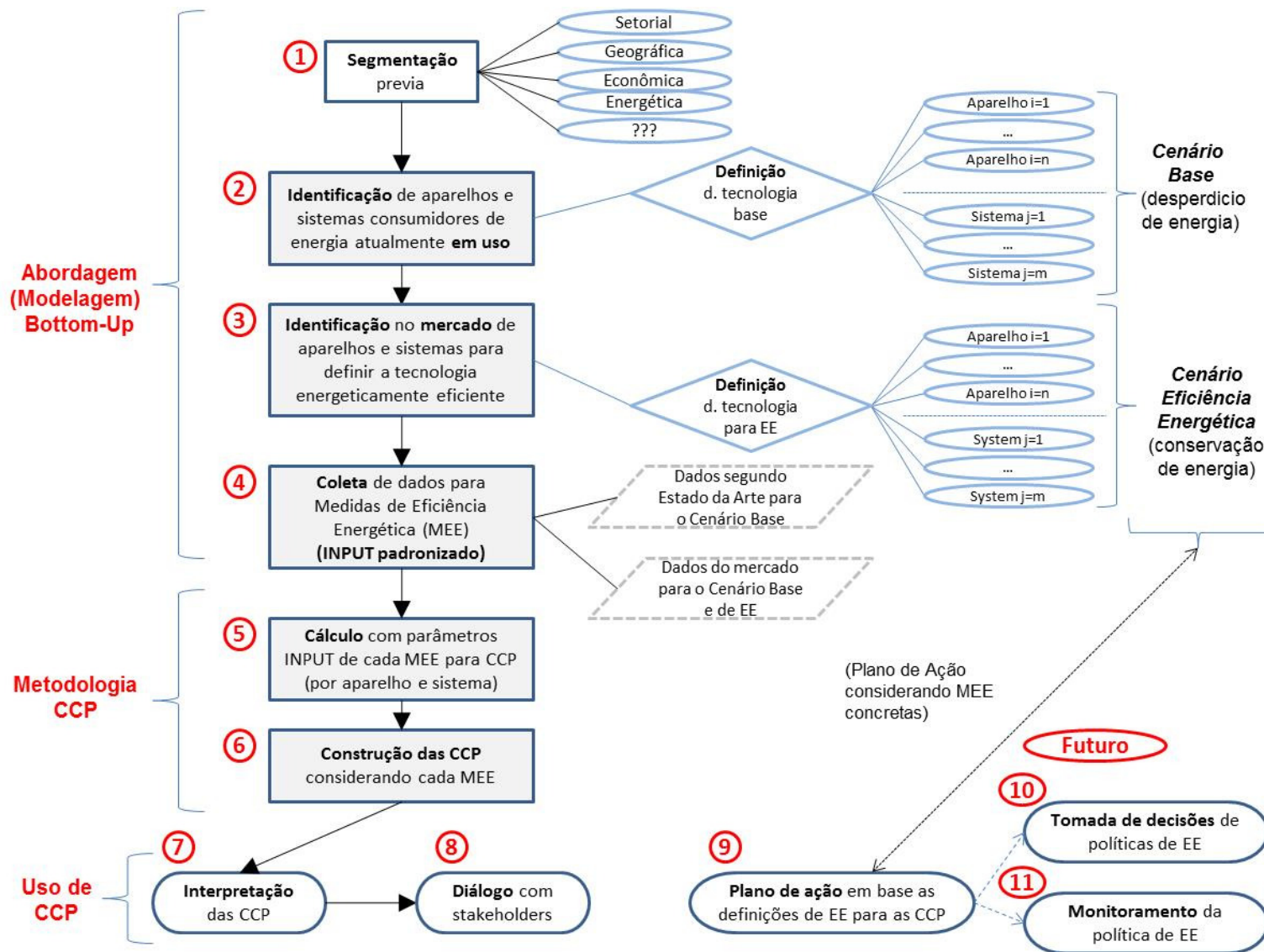


Figura 4 - Fluxograma metodológico para a construção e uso da CCP
 Fonte: Adaptado de Schreier (2010)

2.7 Exemplos de Aplicação das Curvas de Custo e Potencial

2.7.1 Estudo multissetorial alemão para um horizonte de 10 anos

Uma aplicação mais comum desse conceito de CCP's, onde MEE são relacionadas a seus potenciais e custos graficamente, ocorre para emissões de GEE, conhecidas como curvas de custo marginal de abatimento de GEE (Curvas MAC). Com metas de emissão de GEE e compromissos internacionais estabelecidos, muitas são as tentativas de realizar o potencial de economia existente com o menor custo possível o que fez desta curva uma ferramenta de decisão importante para a implantação de MEE que evitem ou reduzam emissões.

Um exemplo é o estudo realizado por Thomas *et al* (2006), que construiu uma curva deste tipo para o horizonte de 10 anos (Figura 5). Para a construção da curva foram analisados diversos setores da sociedade alemã (residencial, comercial etc.) e identificadas diferentes MEE com potenciais representativos (geladeiras no setor residencial, iluminação comercial etc.). Neste caso os respectivos potenciais e os custos foram todos plotados em uma curva só.

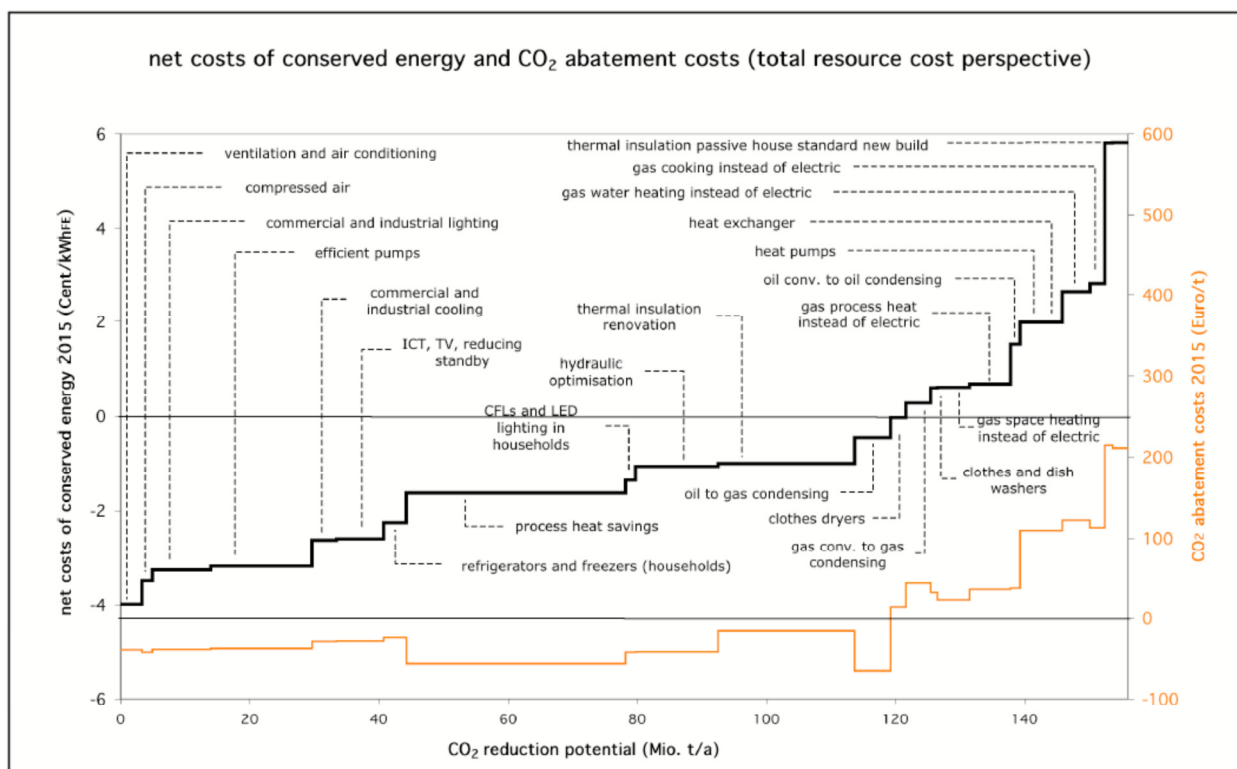


Figura 5 - Custos líquidos da energia conservada e custo de abatimento de CO₂ (perspectiva de custo total de insumos)

Fonte: Thomas *et al* (2006)

Esta curva apresenta tanto os custos adicionais da energia conservada (eixo esquerdo) quanto os custos adicionais de abatimento de CO₂ (eixo direito).

Em caso de redução de emissões através de MEE, antes do cálculo da redução de emissões, calcula-se a economia de energia das MEE. Logo se converte a economia de energia em redução de emissão com parâmetros de equivalência específicos. Estes parâmetros são diferentes para cada setor, para cada combustível utilizado e para a matriz elétrica de cada país.

Para a estimativa dos custos, considera-se na Europa os preços dos certificados de emissões¹¹. Estes aumentaram significativamente o potencial econômico das MEE, devido aos altos preços dos certificados no momento da elaboração do estudo. Portanto, a consideração das regulamentações climáticas pode viabilizar uma quantidade maior de MEE. No Brasil, até o presente momento, não há taxaço para as emissões nem um mercado de carbono no país. A incorporação das receitas do carbono só é aplicável no caso de projetos que resultem em redução de emissões certificadas (CERs).

2.7.2 Estudo do setor de cimento tailandês

Este tipo de curva, que apresenta ganhos potenciais, também pode ser utilizada com foco mais específico para ganhos com energia conservada, como se pode observar em alguns casos, como por exemplo, no estudo da indústria de cimento ilustrado na Figura 6.

¹¹ Na Europa foram distribuídas permissões de emissão a fim de cumprir a meta de cada país, firmada em Quioto. Caso uma empresa consiga reduzir suas emissões além da meta, esta pode gerar certificados de redução de emissões (CER) e vendê-lo para empresas que não atingiram a meta, resultando em uma receita adicional pela medida implementada.

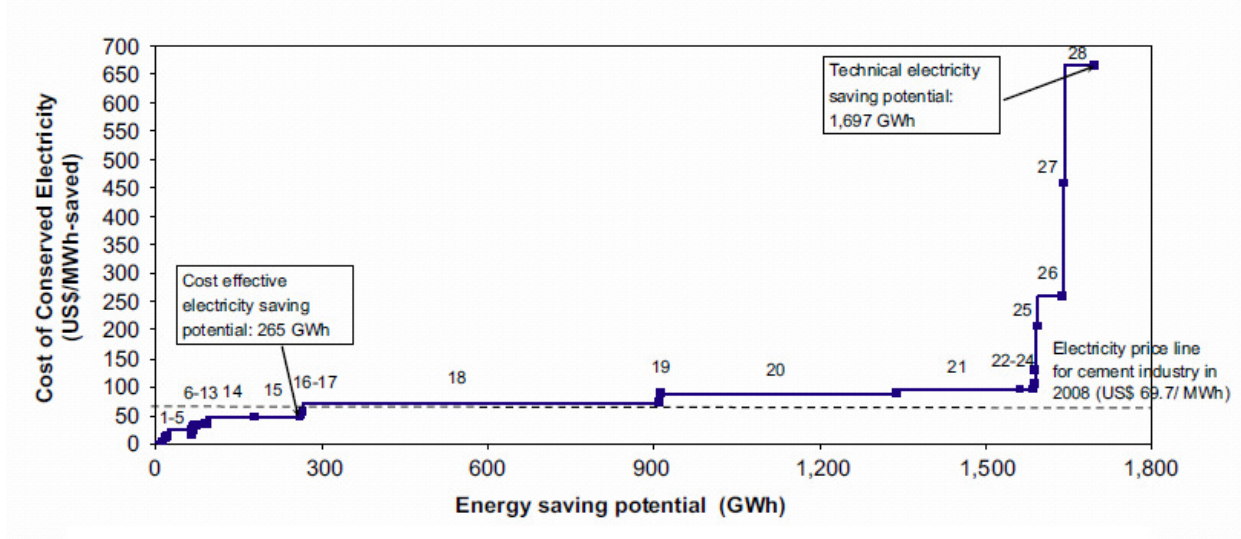


Figura 6 - Curva de oferta de eficiência elétrica para o setor de cimento tailandês

Fonte: Hasanbeigi et al (2010)

Neste caso, foram construídas duas curvas para o setor de cimento tailandês, uma para energia elétrica (Figura 6) e outra para combustíveis, devido ao fato de esta indústria representar um consumo considerável de energia do país. Foram construídas curvas separadas para melhor capturar o custo e potencial técnico para cada tipo de energético (eletricidade e combustíveis). Neste estudo o potencial de redução de GEE foi calculado, mas não foi exposto graficamente, pois o foco principal eram os potenciais de economia de energia.

2.7.3 Estudo multissetorial alemão para um horizonte até 2035

Na Alemanha, a ferramenta das CCP's vem ganhando reconhecimento no âmbito político para auxiliar a tomada de decisão, e em fevereiro de 2011 foi concluído um estudo encomendado pelo Ministério de Meio Ambiente alemão que analisou os potenciais de conservação de energia na indústria até o ano 2035 (Fraunhofer-ISI, 2011). Nesse estudo foram analisados os seis segmentos industriais que mais consomem energia. Para esses segmentos foram identificadas MEE para as etapas produtivas mais energointensivas, classificando-as em quatro grupos: recuperação de calor, aprimoramento de processos operacionais, implementação da melhor tecnologia do mercado (BAT - "Best Available Technology") e inovação nos processos produtivos (indicados em azul, vermelho, verde e laranja, respectivamente, na Figura 7). As MEE para os seis segmentos foram representadas conjuntamente em três curvas diferentes: uma para conservação de energia elétrica, uma para conservação de combustíveis e uma para redução de emissões de GEE.

O objetivo do estudo foi identificar os potenciais de redução de emissões de GEE existentes no setor industrial relacionados ao consumo energético para poder desenvolver, em um segundo momento, mecanismos específicos que estimulem o aproveitamento desses

potenciais. A motivação dessas ações se insere na preocupação por atender as metas estabelecidas pelo governo alemão de redução das emissões de GEE em 40% até o ano 2020 em relação a 1990.

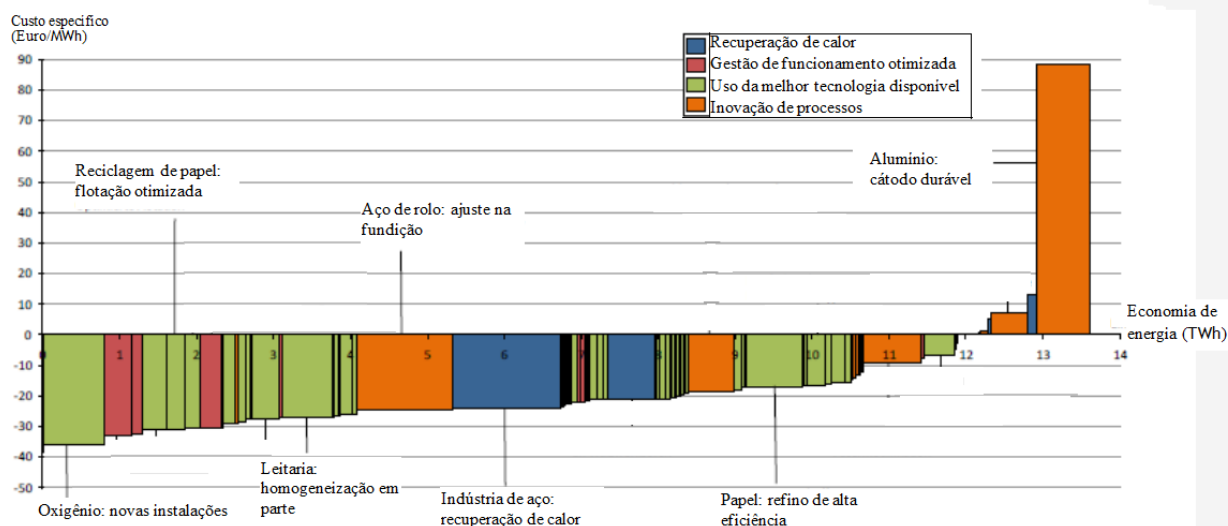


Figura 7 - Curva de Custo e Potencial para conservação de energia elétrica até o ano 2035

Fonte: Fraunhofer-ISI, 2011

2.7.4 Avaliação de mecanismos de estímulo à eficiência energética com o auxílio das CCP's¹² na Alemanha

Tanto no contexto nacional como internacional, a Alemanha tem se comprometido em atingir metas ambientais e de aumento da eficiência energética. Com o intuito de ampliar para nível nacional o portfólio de instrumentos de política pública para o estímulo da eficiência energética, que contribua ao atendimento das metas estabelecidas, foi encomendado pelo ministério Alemão de Economia e Tecnologia (BMW_i) um estudo para avaliar os custos e benefícios de introduzir um mecanismo orientado ao mercado para redução do consumo de energia elétrica no uso final. No estudo foram analisados e avaliados três mecanismos: um sistema de cotas de conservação de energia *com* aquisição e comercialização de certificados (“certificados brancos de conservação de energia”), um sistema de cotas de conservação de energia *sem* aquisição e comercialização de certificados e a criação de um fundo de eficiência energética.

Tanto para avaliar os custos e benefícios dos mecanismos, como para dimensionar cotas anuais de conservação de energia realistas ou dimensionar corretamente o volume de um

¹² “Análise do custo e benefício que traria a introdução de um instrumento orientado ao mercado para realizar conservação de energia no consumo final na Alemanha”, estudo encomendado pelo Ministério de Economia e Tecnologia (BMW_i) e baseado nos resultados de CCP's para os diversos setores do país.

fundo de eficiência energética, precisou-se de informações representativas sobre os potenciais existentes nos diversos setores da economia alemã. Dessa forma, foram construídas quatro CCP's para potenciais de conservação nas edificações (Figura 8) e nos setores residencial, comercial e industrial (Fraunhofer-ISI, 2012).

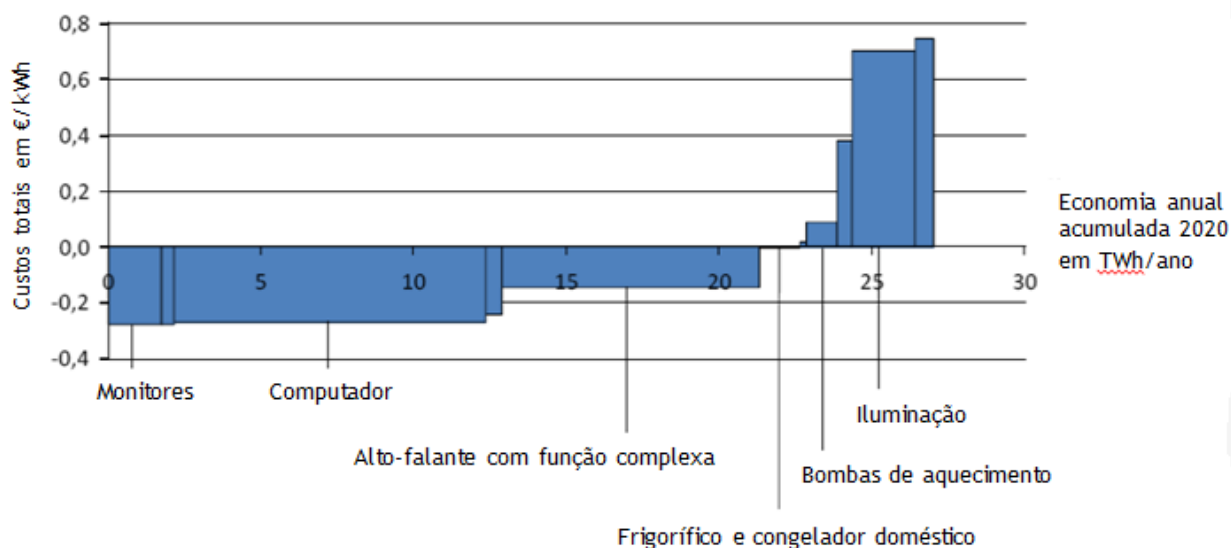


Figura 8 - Potenciais e custos de conservação para a área de edificações

Fonte: ISI, 2012

2.7.5 Utilidade das CCP's para elaboração de políticas públicas

A partir da análise gráfica das CCP's, Kesicki (2010) propõe dividir a atuação das políticas públicas em três áreas, conforme apresentado na Figura 9: para as MEE de custo marginal negativo, políticas para superar as barreiras para implementação de eficiência energética; para as MEE com custo marginal positivo, políticas baseadas no mercado, como taxaço ou sistema de permissões; por fim, para as MEE de custo marginal elevado, políticas de incentivo a pesquisa, desenvolvimento e aplicação de tecnologias incipientes.

Esta divisão é um indicativo de quais tipos de política podem ser melhor utilizados em cada caso, mas não a única possibilidade. Ressalta-se que os tipos de instrumentos utilizados não precisam se limitar a sua sessão do gráfico, não fica restrito o uso dos instrumentos sugeridos, e o gráfico não implica que o uso de políticas de comando e controle é necessariamente mais custo eficiente que as de mercado (Kesicki, 2010).

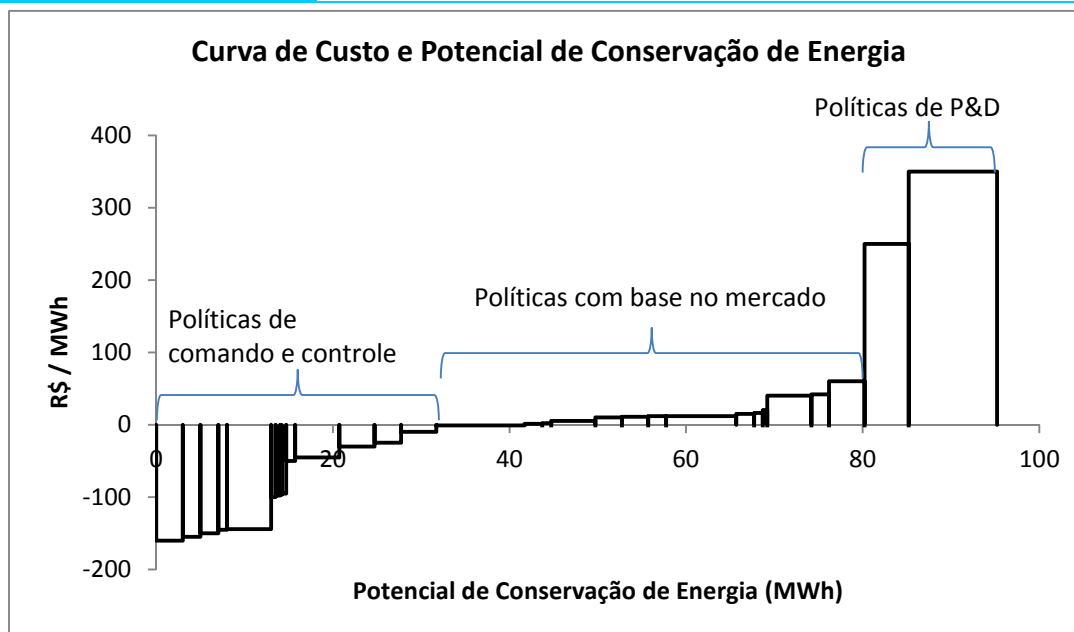


Figura 9 - Instrumentos de Políticas e CCP's

Fonte: adaptado de Kesicki (2010)

2.8 Análise Crítica e Limitações da Ferramenta

Como apresentado no capítulo anterior, a maioria das CCP's já existentes são calculadas para cenários específicos, e ainda não fazem parte integral do planejamento energético dos países.

Nesse sentido, a construção de CCP's para o Brasil por uma instituição governamental, no planejamento energético do país, inserindo o assunto de maneira mensurável e clara para os tomadores de decisão, é um conceito inovador.

Essa ferramenta possui potencial de aplicação para diversos setores da economia, auxiliando assim a criação de um mercado de eficiência energética. A EPE tem a intenção de, com o auxílio das CCP's, apresentar informações claras que estimulem os diversos agentes, públicos e privados, que em posse do conhecimento desta ferramenta, adotem MEE que possibilitem transformar o potencial em realidade, principalmente aqueles que representam ganhos econômicos para os próprios agentes.

Uma característica da CCP é que os custos relacionados a uma MEE são estimados a partir de uma instalação média. Por um lado, isto permite estimar o potencial de diversas instalações ao mesmo tempo. Por outro, as características desta instalação média provavelmente não vão corresponder com precisão às características de todas as instalações reais. Disto resulta que para MEE que geram ganhos de escala, por exemplo, o custo de conservação para instalações maiores pode ser inferior ao apresentado na CCP, e a mesma pode não ser viável para unidades menores. Também há MEE que exigem espaço físico disponível para a introdução de

determinados equipamentos, limitando a aplicação da mesma em algumas instalações. Portanto, para o investidor, recomenda-se que este utilize o resultado das curvas setoriais como orientação de quais MEE avaliar em detalhes, considerando as especificidades da sua instalação.

Embora aparentemente simples e clara a interpretação da CCP, a metodologia de construção não é tão simples como a aparência do gráfico. Uma série de decisões metodológicas e premissas são tomadas durante a construção da CCP e, a maioria desses dados de entrada tem grande impacto sobre os resultados.

Segundo Fleiter (2009), para interpretar corretamente as Curvas de Oferta de Conservação (CSC) e as Curvas de Custos Marginais de Abatimento (Curvas MAC), curvas similares à CCP, é fundamental conhecer todas as premissas metodológicas e a ordem de magnitude dos possíveis efeitos sobre os resultados, ou, pelo menos, a direção em que eles influenciam os resultados.

O conceito de curvas MAC, para Kesicki (2010), contém algumas deficiências, como a transparência das suposições embutidas na construção da curva, assim como o cálculo da linha de base e as premissas sobre os custos de tecnologias de redução, que muitas vezes não são indicados.

Ekins et al (2011) chamam atenção para cuidados e limitações das curvas MAC: as curvas também não são capazes de representar todas as externalidades associadas às medidas propostas; por haver medidas que interagem entre si, gerando sinergias ou conflitos, a soma do potencial individual das medidas é diferente do potencial total representado; os parâmetros para o cálculo são muitos e carregam incertezas, e com isso as incertezas associadas aos resultados podem mudar a classificação das medidas.

Portanto, para a introdução dessa ferramenta, que norteará decisões relacionadas à eficiência energética no Brasil, é necessário especificar a metodologia de modelagem dos potenciais e seus custos para cada um dos setores segundo as suas características de equipamentos e de consumo energético (p.ex. no setor industrial o volume de produção e os consumos específicos por etapa produtiva são parâmetros essenciais para a modelagem, já no setor residencial esses parâmetros não são relevantes). Por outro lado, precisa-se também de uma base de dados confiável dos potenciais de MEE, assim como de seus custos e benefícios.

Além disso, ferramentas de monitoramento e avaliação devem ser desenvolvidas para medir o resultado dos programas de estímulo que venham a ser introduzidos, tomando como ponto de partida os potenciais representados em CCP's. Um primeiro desafio, para tanto, é o desenvolvimento de um modelo que integre a abordagem "*bottom up*" para construção das CCP's e abordagem "*top down*" que é normalmente utilizada para elaborar os balanços

energéticos. Conforme mencionado, a EPE vem aprimorando um banco de indicadores que visa monitorar a difusão da eficiência energética em diferentes setores da economia.

Finalmente, o desafio maior é a intensiva coleta de dados e sua organização numa base única que possa fornecer os insumos necessários os diversos tipos de análise, como a construção das CCP's.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta CCP pode ser utilizada como um instrumento de decisão para introduzir políticas públicas (fundos públicos, programas etc.) de estímulo à eficiência energética. Como os potenciais de eficiência energética são baseados em levantamentos “*bottom up*” a partir de cada tecnologia, apresentam uma maior precisão e vinculam de forma direta diferentes MEE a seus respectivos potenciais e custos.

A CCP permite uma priorização setorial, através do panorama global dos potenciais de eficiência energética e os custos associados a essas MEE. As curvas setoriais têm potencial de mapear as MEE que podem vir a ser alvos de programas de eficiência energética tanto do governo como de qualquer outro agente interessado.

A construção da CCP setorizada evidencia os entraves que são específicos de cada setor, trazendo um foco para a identificação dos mecanismos que podem dar suporte para a superação dessas barreiras, tornando viável a implementação desses mecanismos e a realização do potencial de economia de energia.

É importante destacar que para a construção das CCP's é fundamental realizar uma pesquisa do estado da arte da posse de equipamentos e também uma pesquisa de mercado para os diferentes aparelhos com o objetivo de identificar tecnologias energeticamente eficientes. É necessário analisar a difusão das tecnologias nas unidades consumidoras, assim como levantar em qual estágio da vida útil se encontram na média os diferentes equipamentos e processos.

No futuro outras aplicações desse instrumento serão de suma importância, como medição, monitoramento e verificação das MEE.

A promoção, divulgação e informação de MEE são as principais funções que a CCP desempenha de maneira assertiva, ou seja, a CCP tem especial capacidade de apresentar um portfólio de MEE de maneira objetiva e de fácil entendimento para todos e já hierarquizado pelo custo líquido. Estas atividades podem ajudar a inclusão de diversas MEE em programas já existentes como o PEE, PROCEL, CONPET ou mesmo de distribuidoras e empresas privadas, como por exemplo, ações de efficientização no saneamento.

Sob a ótica do investidor/consumidor de energia, ressalta-se que como a construção da CCP é realizada com uma visão geral dos setores, a curva pode ser utilizada para selecionar as MEE de menor custo e maiores potenciais. A partir da priorização de MEE, recomenda-se que sejam feitos estudos detalhados utilizando os dados da realidade do investidor, para então concluir quais MEE devem ser aplicadas.

Como consequência natural dos pontos anteriores, as CCP's tendem a facilitar a construção de programas de conservação de energia e aumento da eficiência energética ao menor custo,

além de servir como um indicador para cursos de capacitação e de melhoria dos sistemas de gestão de energia.

A CCP também pode servir para elaboração de propostas de instrumentos regulatórios, como os citados certificados de redução de energia. Finalmente pode ainda contribuir para alocação de recursos de financiamento onde sejam identificadas e definidas prioridades.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. “Lei nº 10.847 - Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE e dá outras providências.” 2004.
- DELGADO, M.A.P. “Alternativas para o aumento da eficiência energética no Brasil: uma análise técnico-econômica para viabilização de motores elétricos de alto rendimento e o caso das empresas de serviços de energia”. PPE/COPPE/UFRJ, 165 p. (Tese de Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <http://ppe.ufrj.br/>
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. “Plano Nacional de Energia 2030”. Brasília : MME : EPE, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>.
- IEA - *International Energy Agency*. “*SUMMING UP THE PARTS. Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies*”. França, 2011.
- EIA - U.S. *Energy Information Administration*. “*Annual Energy Outlook*”. 2013.
- EKINS, P.; Kesicki F., Andrew Z. P. Smith. “*Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution*”. *UCL Energy Institute*, 2011.
- FISCHEDICK, Prof. Dr. Manfred. “*Bottom-Up Methodologies and their possible Application in Brazil*.” Apresentação no Rio de Janeiro. *Wuppertal Institute for Climate, Environmental and Energy*, março de 2010. Rio de Janeiro, 2010.
- FRAUNHOFER-ISI, *Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung*. “*Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland*” (Análise de Custos e Benefícios para introduzir um instrumento orientado ao mercado para realizar economia de energia no uso final). Karlsruhe, Berlin : Fraunhofer Verlag, 2012.
- FRAUNHOFER-ISI, *Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung*. “*Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen von.*” Karlsruhe, 2011.
- FLEITER, et.al. “*Costs and potentials of energy savings in European industry - a critical assessment of the concept of conservation supply curves*”. ECEEE 2009 summer study, Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably, 2009.
- FLEITER, et.al. “*Energy Efficiency in the German pulp and paper industry - A model-based assessment of saving potentials.*” Elsevier, 2012: 84-99.

- GELLER, H. “O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil”. INEE. Rio de Janeiro, 1994.
- HASANBEIGI, A., MENKE, C., THERDYOTHIN, A. “*The use of conservation supply curves in energy policy and economic analysis: The case study of Thai cement industry*”. *Energy Policy* 38, 2010. P. 392-405.
- IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*. “*IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)*”. Geneva, 2007.
- HENRIQUES JR., M.. F.. “Potencial de Redução de Emissão de Gases de Efeito Estufa pelo uso de Energia no Setor Industrial Brasileiro”. Tese de Doutorado, PPE/COPPE, 2010.
- KESICKI, F. “*Marginal Abatement Cost Curves for Policy Making - Model-derived versus Expert-based Curves*”. 33rd IAEE International Conference, June 6th-9th 2010 (awarded the runner up prize for the best student paper). Rio de Janeiro, 2010. McKinsey&Company. “*Pathways to a Low-Carbon Economy for Brazil.*” 2009.
- MEIER, A. K. “Supply Curves of Conserved Energy”. Tese de doutorado, *Lawrence Berkeley National Laboratory*, 1982. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/20b1j10d>.
- SCHREIER, S.. “*Implementing Cost Potential Curves (CPCs) as an additional tool for energy efficiency planning methods in Brazil*”. GIZ, *Brazilian-German Energy Program*, 2010.
- THOMAS, S. et al. “*Options and potentials for energy end-use efficiency and energy services*”. *Summary*. Wuppertal Institute for Climate, Environmental and Energy, 2006.

ANEXO I

CCP ESTÁTICA e DINÂMICA		MEE↓	SETOR→	
			SEGMENTO→	
DADOS BÁSICOS				
	Breve descrição do serviço energético			
	Etapa do processo produtivo			
	Tipo de Tecnologia			
	Breve descrição da Medida de EfEn proposta para tornar uma/um tecnologia/processo/procedimento mais eficiente			
	Energético economizado			
	Tipo de MEE			
	Fase do Ciclo de Vida (da MEE)			
	Aplicabilidade da MEE			
Variável	Nome da variável	Valor	Unidade	Fontes e Observações
t	ano base (t=0)	2010	anos	
t+x	ano de projeção - curto prazo (t=t+x)	2015	anos	
t+y	ano de projeção - médio prazo (t=t+y)	2020	anos	
t+z	ano de projeção - longo prazo (t=t+z)	2025	anos	
r (10)	Taxa de desconto em t=0			
pE (10)	Preço da / Valor pago por Energia em t=0			
r (25)	Taxa de desconto em t=2025			
pE (25)	Preço da / Valor pago por Energia em t=2025			
N_fab (10)	Quantidade de fábricas em t=0			
N_tec (10)	Estoque total de sistemas, sub-sistemas ou tecnologia (quantidade de unidades instaladas) aptas para aplicar a MEE (incluindo as que já aplicam) em t=0			
N_fab (25)	Quantidade de fábricas em t=2025			
N_tec (25)	Estoque total de sistemas, sub-sistemas ou tecnologia (quantidade de unidades instaladas) aptas para aplicar a MEE (incluindo as que já aplicam) em t=2025			
Q (10)	Volume de produção (por ano) t=0			
Q (15)	Volume de produção (por ano) t=2015			
Q (20)	Volume de produção (por ano) t=2020			
Q (25)	Volume de produção (por ano) t=2025			
dif_atual_ef (10)	Participação (percentagem) da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque em t=0			
dif_auto_ef (15)	Participação (percentagem) da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque em t=2015 (AUTÔNOMA)			
dif_auto_ef (20)	Participação (percentagem) da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque em t=2020 (AUTÔNOMA)			
dif_auto_ef (25)	Participação (percentagem) da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque em t=2025 (AUTÔNOMA)			
dif_max_ef (15)	Máxima participação (percentagem) possível da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque total em t=2015 (SEM BARREIRAS DE MERCADO)			
dif_max_ef (20)	Máxima participação (percentagem) possível da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque total em t=2020 (SEM BARREIRAS DE MERCADO)			
dif_max_ef (25)	Máxima participação (percentagem) possível da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque total em t=2025 (SEM BARREIRAS DE MERCADO)			
dif_max_ef_EST	Máxima participação (percentagem) possível da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente no estoque total em t=0 (TROCA DE TODO O ESTOQUE DE UMA VEZ SÓ)			
vu_bl	Vida útil da tecnologia/processo/procedimento atual (baseline)			
idade_bl (10)	idade (média) do estoque de equipamentos			
vu_ef	Vida útil da tecnologia/processo/procedimento eficiente			
CE_bl	Indicador de consumo específico da tecnologia/ processo/ procedimento atual (baseline)			
CE_ef	Indicador de consumo específico da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente			
Caq_bl (10)	Custo de aquisição (investimento + instalação) da tecnologia/ processo/ procedimento atual/ convencional (baseline) em t=0			
Caq_ef (10)	Custo de aquisição (investimento + instalação) da MEE - tecnologia/ processo/ procedimento eficiente - em t=0			
Co&m_bl (10)	Custos operacionais (operação e manutenção) da tecnologia/ processo/ procedimento atual (baseline) em t=0			
Co&m_ef (10)	Custos operacionais (operação e manutenção) da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente em t=0			
index_C	Índice de redução do custo adicional de aquisição (investimento + instalação) da MEE			
index_O&M	Índice de redução de custos de operação e manutenção da MEE			

DADOS INTERMEDIÁRIOS				
Variável	Nome da variável	Valor (calculado)	Unidade	Observação
econE	Economia de energia específica (potencial unitário)		GJ/t	
Caq_ad (10)	Custo adicional de aquisição da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente em t=0		R\$/t	
Caq_ad (25)	Custo adicional de aquisição da tecnologia/ processo/ procedimento eficiente em t=2025		R\$/t	
CAEaq_ad (10)	Custo marginal adicional (custo de aquisição anualizado) por energia economizada (custo para a conservação de energia) em t=0		R\$/GJ	
Co&m_ad (10)	Custo marginal adicional de operação e manutenção por energia economizada (custo para a conservação de energia) em t=0		R\$/GJ	
CAEaq_ad (25)	Custo marginal adicional (custo de aquisição anualizado) por energia economizada (custo para a conservação de energia) em t=2025		R\$/GJ	
Co&m_ad (25)	Custo marginal adicional de operação e manutenção por energia economizada (custo para a conservação de energia) em t=2025		R\$/GJ	
DADOS DE SAÍDAS (estática - 2010)				
Variável	Nome da variável	Valor (calculado)	Unidade	Observação
pot_EST (10)	Potencial estático se for implementada a tecnologia/ processo/ procedimento eficiente em t=0 (TROCA DE TODO O ESTOQUE DE UMA VEZ SÓ)		GJ/ano	
CMg_ef_EST (10)	Custo marginal líquido por energia economizada (custo líquido para a conservação de energia) em t=0		R\$/GJ	
DADOS DE SAÍDAS (dinâmica adicional - 2025)				
Variável	Nome da variável	Valor (calculado)	Unidade	Observação
pot_DIN adicional (25)	Potencial dinâmico adicional, que pode ser atingido além do potencial autônomo, desconsiderando barreiras e imperfeições de mercado (diferença do potencial de mercado e o autônomo)		GJ/ano	
CMg_ef_DIN (25)	Custo marginal líquido por energia economizada (custo líquido para a conservação de energia) em t=2025		R\$/GJ	
DADOS DE SAÍDAS (dinâmica autônoma - 2025)				
Variável	Nome da variável	Valor (calculado)	Unidade	Observação
pot_DIN autonomo (25)	Potencial de dinâmico autônomo em t=2025		GJ/ano	