

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV): REFRIGERADORES COMERCIALIZADOS NO BRASIL

APPLICATION OF THE METHODOLOGY OF LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA): COMMERCIALIZED REFRIGERATORS IN BRAZIL

*Herculano Xavier da Silva Junior, **Guilherme de Castilho Queiroz e ***Gilberto de Martino Jannuzzi

*Universidade Estadual de Campinas, International Energy Initiative e Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE/UNICAMP

herculano.xsjr@gmail.com

**Centro de Tecnologia de Embalagens – CETEA

guilherme@ital.sp.gov.br

***Universidade Estadual de Campinas

International Energy Initiative

jannuzzi@fem.unicamp.br

Campinas – SP – Brasil

Rua Francisco de Paula Lima, 265, JD São Gabriel, CEP: 13045-270

RESUMO

O objetivo do trabalho, desenvolvido na Dissertação de Silva Jr. (2005), é discutir a aplicação da metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) como ferramenta para propor padrões de eficiência energética, complementares as etiquetas obrigatórias (PROCEL) já existentes, nos refrigeradores brasileiros de uma porta. Outro objetivo é estudar o papel desses instrumentos como meios de fornecer subsídios técnicos para o estabelecimento de níveis máximos de consumo de energia elétrica para equipamentos elétricos comercializados no Brasil. A metodologia ACCV permite avaliar os impactos do aumento de eficiência energética nesses equipamentos, resultando em economias (de energia, financeiras, redução na emissão de CO₂) importantes para os consumidores e para o País. Este artigo apresenta após as conclusões uma discussão sobre a possibilidade da criação de rótulos ambientais (como Green Seal – USA, Eco-label – EU) que é um programa/metodologia adicional, na qual, pode ser utilizada como suporte para o desenvolvimento de tecnologias para o aumento de eficiência energética e ambiental dos equipamentos elétricos. Estes rótulos são estrategicamente importantes para o Brasil ampliar os programas ambientais para seus produtos porque podem facilitar a inserção destes produtos no mercado internacional, ao mesmo tempo, que se ganha no aumento da qualidade técnico-ambiental no País.

Palavras-Chave: Selos e Padrões de Eficiência Energética, ACCV, Refrigeradores Eficientes.

ABSTRACT

The goal of the work, developed in the Thesis by Silva Jr. (2005), is discuss the application of the methodologies of Life Cycle Cost Analysis (LCCA) as a tool to propose energy efficiency standards, complementally to the mandatory labels (PROCEL) already existing in the one-door Brazilian refrigerators. Another objective is to study the role of these instruments as means to supply technical subsidies for the establishment of maximum level of electric energy consumption and environmental quality impact for electrical equipments in Brazil. The LCCA methodology allows to evaluate the impacts of the energy efficiency increasing in electrical equipments, resulting in important saving (energy, financial, CO₂ emissions avoided) for the country and its citizens. This paper present after of the conclusions a discussion about the possibility of the creation of environmental labelling (e.g., Green Seal – USA, Eco-label – EU etc.) that is an additional program/methodology, which, it may be utilized as support for development of technologies and for the increase of energy and environmental efficiency of the electric equipments. These labels are strategically important for Brazil to amplify the environmental programs to their products because they can facilitate the insertion of these products in the international market, at the same time, that the country gets in the increase of the quality technical and environment-.

Keywords: Energy Efficiency Label and Standards, LCCA, Efficient Refrigerators.

1 – INTRODUÇÃO

Em 2001-2002 o Brasil passou por uma crise no setor elétrico que foi denominada popularmente de “Apagão”. Inicialmente a ausência de chuvas foi apontada como causa do racionamento, isto devido ao parque gerador brasileiro

ser constituído, aproximadamente, por 90% de usinas hidroelétricas. Posteriormente, foi detectado que o “Apagão” foi causado também por falta de investimentos no sistema elétrico interligado nacional. Na época, a necessidade de redução no consumo de energia elétrica era de até 20% na maioria dos Estados brasileiros, embora,

alguns poucos Estados continuaram com seu consumo normal. As hidrelétricas continuaram com seus limites máximos de armazenamento de água e até sendo obrigadas a verter água. Estes acontecimentos contribuíram para que o País sofresse retrações econômicas, paralisando investimentos internos e externos e causando falências em empresas, desemprego e privação parcial da utilização do bem público, “Eletricidade”, à maior parcela da população brasileira (SILVA Jr., 2005).

Acontecimentos como os citados anteriormente deveriam desencadear sentimentos voltados também para a necessidade de uma nova cultura de consumo sustentável¹. Fazem-se necessárias, então, iniciativas governamentais para a criação de programas de conscientização da importância em se utilizar, de forma racional, os recursos naturais. Pois, hoje vem sendo disseminada a necessidade de se concentrar esforços para proteger o meio ambiente e, conseqüentemente, a sobrevivência da humanidade. Desta forma, muitos países já estão exigindo de seus fornecedores (de produtos variados) uma maior preocupação em produzir produtos de alta qualidade e, ao mesmo tempo, respeitando a natureza (CLASPPONLINE, 17/09/2004). Isto vem sendo exigido através de programas nacionais de etiquetagem energética (selos de eficiência energética) e, mais recentemente, ambiental (rótulos Ambientais). O fabricante que não se adequar a estas exigências poderá ter dificuldades de comercializar seus produtos nestes países, ocasionando problemas econômicos e sociais para a empresa e para o seu país.

Atualmente no Brasil existem instrumentos modernos de incentivo (Lei de Eficiência Energética, investimentos obrigatórios em eficiência energética por parte das concessionárias de energia elétrica, Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, etc.) à inovação tecnológica introduzindo com maior rapidez os produtos energeticamente mais eficientes no mercado consumidor.

Os programas de eficiência energética são ferramentas que auxiliam na redução de consumo garantindo conforto à população e crescimento econômico ao País (qualidade dos equipamentos, maiores investimentos privados, etc.). O Brasil já possui a Lei 10.295 (BRASIL, 2001a), regulamentada pelo Decreto 4.059 (BRASIL, 2001b) que dispõe sobre a “Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” estabelecendo grupos de ações para estudar e estabelecer padrões mínimos de eficiência energética para equipamentos consumidores de energia elétrica que são comercializados no País.

Assim sendo, parcerias entre governo, fabricantes e as instituições de ensino e pesquisa podem contribuir para o desenvolvimento de equipamentos e metodologias que visem avaliar e disponibilizar recursos tecnológicos para este fim, além de propor padrões (indicadores) de eficiência energética capazes de serem atendidos pela indústria nacional.

Desta forma, o Brasil deve aproveitar, também, a experiência adquirida com os programas de eficiência

energética, comentados anteriormente, para começar a pensar em programas ambientais como incentivo ao desenvolvimento tecnológico voltado ao aumento da qualidade do uso energético nos equipamentos ao longo de sua vida útil, da qualidade dos processos de fabricação (minimizando ao máximo os impactos com resíduos industriais etc.), da qualidade dos materiais utilizados para a fabricação do equipamento (voltado a uma maior utilização de materiais recicláveis e, até mesmo, biodegradáveis) etc.

Portanto, o estudo apresentado aqui propõe uma metodologia de apoio ao estabelecimento de normas de eficiência energética e que, posteriormente, possa auxiliar no desenvolvimento de metodologias e ou programas focados em rotulagem ambiental. Desta forma, parte substancial do trabalho desenvolvido são os estudos e a aplicação da metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para o estabelecimento de padrões mínimos de eficiência energética (conhecido na literatura como *MPES – Minimum Energy Performance Standards*).

Os padrões e selos de eficiência energética sejam eles, voluntários ou compulsórios (obrigatórios), têm o objetivo de estabelecer referências para o consumo de energia elétrica. Estes instrumentos têm sido amplamente utilizados ao redor do mundo como instrumentos eficazes para a promoção da transformação da demanda elétrica no mercado de energia.

Desta forma, o principal objetivo deste trabalho é discutir a aplicação da metodologia Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV), como ferramenta para propor padrões de eficiência energética complementar às etiquetas (selos) obrigatórias já existentes e iniciar uma discussão sobre a criação de possíveis programas de rotulagem ambiental para os refrigeradores² comercializados no Brasil.

SELOS E PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Aqui é apresentada uma breve revisão de alguns exemplos de programas de etiquetagem³ e padrões de eficiência energética, aplicados ao redor do mundo e no Brasil.

Exemplos de alguns Selos no Mundo e no Brasil

Hoje no mundo existem vários países que aderiram aos programas de eficiência energética e muitos deles os fazem em caráter compulsório. Um dos mais conhecidos, segundo a CLASP (CLASP, 2001), é o selo comparativo de eficiência energética europeu, ilustrado na Figura 1.

² Neste trabalho, analisam-se, como um estudo de caso que aplica a metodologia proposta, os refrigeradores domésticos brasileiros de uma porta. A justificativa para essa escolha se dá porque os refrigeradores são ao lado dos chuveiros elétricos os maiores consumidores de eletricidade de uma residência, sendo que seu consumo de energia elétrica corresponde a 30% de toda a residência.

³ As etiquetas (selos) de eficiência energética são concedidas aos aparelhos e equipamentos elétricos que participam de um programa de eficiência energética e que estão dentro dos níveis de consumo (energia elétrica) previamente estabelecidos. Os padrões de eficiência energética são procedimentos e regulamentos estabelecidos por instrumentos legais que determinam o desempenho mínimo de um produto fabricado de maneira compulsória ou não.

¹ Consumo sustentável significa usar conscientemente os recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais da população, sem comprometer as necessidades e aspirações das gerações futuras MMA (28/04/2005).

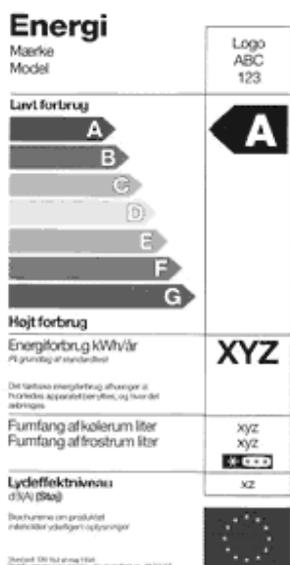


Figura 1 – Selo Europeu: classificação por categoria (JANNUZZI et al, 2003).

O selo comparativo europeu classifica o consumo, em kWh/ano, dos equipamentos por categorias (A, B, C, D, E, F e G). Desta forma, os equipamentos que atingirem a categoria “A” serão os mais eficientes energeticamente que os encontrados na categoria “G”. O Brasil adotou o modelo do selo comparativo europeu no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Encontram-se também em uso os selos denominados *Endorsement Labels*⁴ (JANNUZZI et al, 2003). Através deste selo o consumidor somente terá a informação (credibilidade) que o aparelho foi aprovado após ter passado por testes utilizando determinados critérios de eficiência energética. Para exemplificar tem-se o selo *Energy Star* (Figura 2) que tem sido muito utilizado em computadores e, atualmente vem sendo aplicado também na área de ventilação, aquecimento, ar condicionado, equipamentos para escritório (CLASP, 2001) e, mais recentemente em refrigeradores nos EUA (ENERGYSTAR, 04/02/2005).



Figura 2 - Selo *Energy Star*: *Endorsement Labels* (ENERGYSTAR, 04/02/2005).

Em 2000 foi implantado no Japão um programa de etiquetagem energética com caráter voluntário. O objetivo

⁴ *Endorsement Labels* (selos de endossamento ou aprovação) são os selos que já possuem um critério de avaliação da qualidade e desempenho do produto pré-aprovado. Estes selos são tipicamente aplicados em produtos considerados topo de linha (*Top-Tier*), ou seja, os produtos mais eficientes de um referido mercado.

é incentivar os fabricantes a apresentarem equipamentos com o mais baixo índice de consumo energético possível. O aparelho (modelo) que alcançar o menor índice de consumo receberá o selo exclusivo *Top-Runner*. Os outros modelos que não alcançaram o índice receberão outra cor de etiqueta, indicando o quanto eles são menos eficientes (em %) comparando com o *Top-Runner*. Esta é uma maneira de estimular a competição entre fabricantes e inovações tecnológicas em eficiência energética, porque o modelo que consumir menos energia em um dado ano se tornará o *Top-Runner* para o ano subsequente.

O selo PROCEL/INMETRO de Economia de Energia (Selo Brasileiro - Figura 3) é um prêmio concedido anualmente aos equipamentos e aparelhos que apresentarem os índices mais satisfatórios de eficiência energética (Categoria “A” do Selo Comparativo – Figura 1) dentro das suas respectivas modalidades. A finalidade desta premiação é estimular a fabricação nacional de produtos eletrodomésticos mais eficientes (no quesito energia economizada) e orientar o consumidor, no momento da compra, a adquirir equipamentos que apresentem melhores níveis de eficiência energética (PROCEL, 04/03/2004).



Figura 3: Selo PROCEL/INMETRO de Economia de Energia (INMETRO, 16/04/2004).

Padrões de Eficiência Energética

Os padrões de eficiência energética tiveram seu início em 1962 na Polônia. O governo francês estabeleceu padrões para refrigeradores em 1966 e para *freezers* em 1978. Outros governos europeus, incluindo o da Rússia, introduziram legislações autorizando a exigência de informações referente à eficiência em selos e seu desempenho energético em padrões durante os anos 1960 e 1970 ((CLASP, 2001), (DOE, 1995)).

Nos países que praticam esses programas em caráter compulsório existe a proibição de venda de produtos que estão abaixo da eficiência energética mínima permitida pelo padrão (por exemplo, EUA, Canadá, França etc.). Nos países que praticam programas de padrões de desempenho energético em caráter voluntário (por exemplo, Hong Kong, Japão etc.) não está proibida, porém incentiva-se o consumidor a comprar os equipamentos contendo o selo de

eficiência energética (equipamentos mais eficientes) através de programas educativos, campanhas, anúncios etc.

Os padrões prescrevem uma eficiência mínima (ou máximo consumo de energia) que os produtos incluídos no programa podem apresentar. Estes padrões permitem inovações e competição de projetos entre os fabricantes e a conformidade (credenciamento) é determinada por testes de laboratório. Exemplificando, cada unidade deve consumir não mais que um montante máximo de energia por ano, de acordo com testes pré-estabelecidos.

A Lei nº 10.295 dispõe que “O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes” (BRASIL, 2001a). Essa lei, regulamentada pelo decreto nº 4.059, delega responsabilidades a um comitê gestor coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME (PROCEL, 04/03/2004). O motor elétrico foi o primeiro equipamento elétrico brasileiro para o qual se estabeleceu um padrão de eficiência energética, como dispõe o Decreto nº 4.508, “sobre a regulamentação específica que define os padrões mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil...”. Desta forma, os padrões mínimos de eficiência energética estabelecidos para os motores elétricos são de caráter compulsório. Assim, os fabricantes de motores elétricos (brasileiros e estrangeiros) que desejarem comercializar seus produtos no Brasil estão obrigados a se adequarem às novas exigências estabelecidas pela Lei 10.295, e pelo Decreto 4.508. Estabelecimento de padrões para outros tipos de aparelhos e equipamentos já estão em estudo no MME.

2 – METODOLOGIA SUGERIDA PARA O ESTABELECIMENTO DE PADRÕES MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A informação necessária para se analisar um padrão depende do método usado para seu estabelecimento ou dos recursos disponíveis para seu desenvolvimento. A Figura 4 é um diagrama esquemático que mostra as etapas envolvidas na escolha do método de análise ou estabelecimento de padrões.

Tais etapas são basicamente três:

Negociação para cada produto, que envolve o levantamento de informações sobre se o produto é produzido no País, se existem importações desse produto, quais são as características técnicas dos aparelhos, etc. Se um determinado produto ainda não possui selo de eficiência energética e/ou padrão, é recomendado se fazer uma análise simplificada⁵. Caso contrário, se passa para a etapa seguinte.

⁵ Esta análise consiste numa análise técnico-econômica simplificada, ou seja, coletam-se alguns modelos de um dado produto que é vendido no mercado e faz-se a comparação de desempenho energético entre eles.

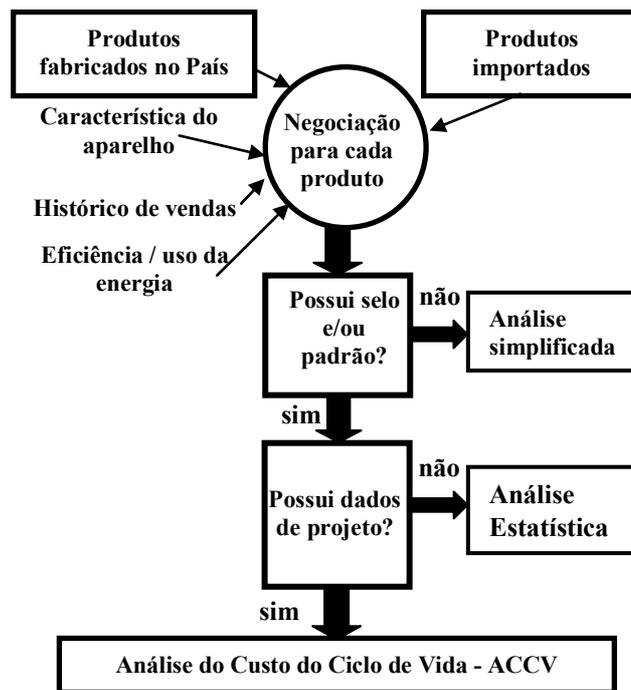


Figura 4: Etapas Envolvidas na Escolha do Método de Análise ou Estabelecimento de Padrões (SILVA Jr., 2005).

A segunda questão a ser respondida é se, dispõe-se, de dados sobre o projeto do produto. Não sendo possível se obter esses dados junto aos fabricantes, a análise estatística⁶ é escolhida para se propor o padrão. Em caso positivo, é escolhida a metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida – ACCV (análise conjunta de engenharia-economia e período de retorno do investimento).

Para alguns países, pode não ser possível utilizar todos os passos indicados na Figura 4, devido a não existência de um bom histórico de dados necessários para aplicação dos métodos de Análise Estatística e ACCV. Contudo, pelo menos a análise simplificada deve ser utilizada em qualquer situação.

Metodologia ACCV

A metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida é a fusão de três técnicas conhecidas, sendo elas: a Análise de Engenharia/Economia (busca de inovações tecnológicas), o Custo do Ciclo de Vida e o *Payback Period* (Período de Retorno do Investimento). A seqüência de cálculos desta metodologia é efetuada após a finalização da Análise de Engenharia, denominada aqui de Etapa 0, em que são simuladas as possíveis inovações tecnológicas nos

⁶ A Análise Estatística consiste numa análise técnico-econômica menos detalhada que a ACCV, ou seja, coletam-se os modelos do mercado nacional e faz-se a comparação de desempenho energético entre eles através da geração de um gráfico. O passo seguinte é obter um nível de desempenho energético médio através de uma regressão linear de todos os modelos coletados para o estudo. Encontrando a equação do nível de desempenho energético médio, insere-se o ganho de eficiência pré-determinado pelo órgão regulador (p. ex. ganhos de eficiência de 10%, 15%, 20% etc.). Com a inserção do ganho de eficiência na regressão linear, encontra-se a reta padrão para os novos níveis de eficiência energética que serão utilizados como balizadores para o consumo de eletricidade dos novos equipamentos e aparelhos eletro-eletrônicos produzidos e/ou comercializados no País.

equipamentos analisados. As demais etapas da ACCV são descritas a seguir.

Etapa 1 – o Custo do Ciclo de Vida (CCV)



Figura 5: Ilustração do CCV baseada em Silva Jr (2005).

A Figura 5 ilustra o conceito do CCV que é baseado no gasto total do consumidor ao longo da vida útil do equipamento, incluindo não só o preço de compra, mas também os custos operacionais (consumo de energia elétrica e manutenção) descontados pelo tempo de compra do produto (Equação 1).

$$CCV = P_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{CO_t}{(1+r)^t} \quad (1) \text{ onde, } P_{in} = P + CI \quad (2)$$

- P_{in} = Preço de compra a varejo somado ao custo por inovação;
- P = Preço de compra a varejo do produto base (valor para o consumidor);
- CO = Custos operacionais anuais (valor pago pelo consumo de eletricidade etc.);
- r = Taxa de desconto real para o consumidor;
- t = Período de tempo, em anos desde a compra do produto;
- N = Vida útil do produto (expresso em anos); e
- CI = Custo da inovação sendo analisada.

Assumindo que os custos de operação não variam, obtém-se a Equação 3:

$$CCV = P_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{1}{(1+r)^t} * CO \quad (3)$$

A expressão 4 é denominada Fator de Recuperação do Capital (FRC) (KAPLAN, 1983):

$$\sum_{t=1}^N \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{1}{r} \left(1 - \frac{1}{(1+r)^N} \right) = FRC \quad (4)$$

Substituindo, então, a Equação 4 na Equação 3, obtém-se a Equação 5.

$$CCV = P_{in} + FRC * CO \quad (5)$$

Etapa 2 – após determinar o CCV do produto, diferente para cada opção de inovação, é calculado o período de retorno do investimento (*Payback Period* = PAY).

O PAY (Figura 6) fornece o tempo necessário para que o consumidor recupere o investimento adicional decorrente do aumento de eficiência, graças aos menores custos de operação dos aparelhos e equipamentos. O PAY é obtido através da resolução da Equação 6 (DOE, 1995).

$$CI + \sum_{t=1}^{PAY} \Delta CO_t = 0 \quad (6)$$

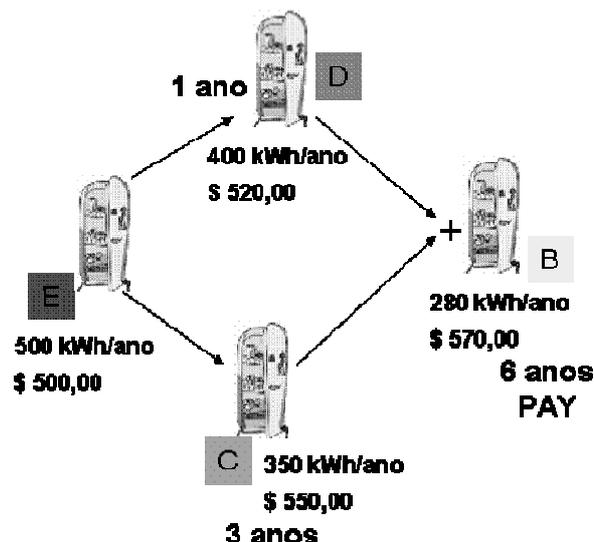


Figura 6: Ilustração do CCV e seu Payback (CLASP, 2001).

O ΔCO é a diferença dos custos de operação antes e após a inserção da inovação sendo analisada. Assumindo que a diferença do custo de operação (ΔCO) se mantém constante no tempo (t), a expressão passa a ter uma solução simples, do tipo:

$$PAY = - \left(\frac{CI}{\Delta CO} \right) \quad (7)$$

A Figura 6 ilustra um caso de cálculo do *Payback Period* após ter se passado pelas etapas de Análise de Engenharia (inserção de inovações tecnológicas no refrigerador) e cálculo dos CCV's das referidas inovações. Nesta ilustração, o refrigerador "E" é o modelo Base (sem inovação), desta maneira, a medida que se inserem inovações no refrigerador (D, C e B respectivamente), o mesmo, vai se tornando mais eficiente como ilustrada na Figura 7. Pode ser notado, também, na Figura 7 que, com a inserção das inovações, o CCV sofre um declínio significando que a eficiência supera o custo da inovação até se chegar a um ponto de Ótima eficiência *versus* CCV (inovação "C"). Após esta fronteira, se inseridas novas inovações o CCV cresce novamente podendo chegar a valores que inviabilizariam o projeto.

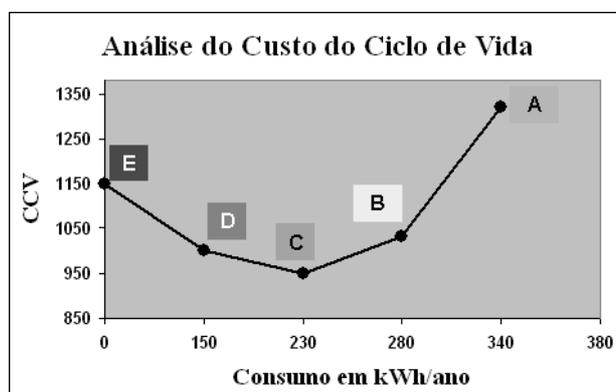


Figura 7: Ilustração do Ganho de Eficiência (CLASP, 2001).

O ponto de ótima eficiência (ponto “C” na Figura 7) é conhecido como Padrão Mínimo de Eficiência Energética (*MEPS – Minimum Energy Performance Standard*). Desta maneira, o *MEPS* encontrado será a referência para a criação ou revisão dos padrões de eficiência energética adotados no País. Obviamente, este valor pode ser negociado entre governantes e fabricantes, contudo, o governo possui, com o *MEPS*, uma referência para que as negociações sejam iniciadas com bases concretas e bem embasadas.

3 – RESULTADOS ENCONTRADOS

A metodologia da ACCV tem um embasamento técnico oriundo de simulações de melhorias técnicas no refrigerador não desprezando cálculos econômicos que levam em consideração a vida útil do equipamento ou aparelho, o tempo de retorno do investimento (*Payback Period*) para o consumidor, o custo por inovação técnica sugerida e o Custo do Ciclo de Vida (CCV), podendo obter, desta forma, a economia líquida do investimento que é a diferença entre a economia total obtida e os custos do projeto de eficiência (custos de operação somados aos custos das inovações). Estes cálculos econômicos são importantes para auxiliar na viabilização ou não do projeto de eficiência energética.

Desta maneira, é proposto pelo estudo de caso da ACCV que a eficiência energética do refrigerador de uma porta comercializado no Brasil poderia aumentar em média 28,1% no ano de 2008. Estes ganhos de eficiência podem ser alcançados através de inovações⁷ tecnológicas como a utilização de compressores mais eficientes e outras inovações, já existentes no mercado, como: aumento inicial de 12,52 mm (½”) e, posteriormente, de 25,4 mm (1”) nas espessuras do isolamento térmico das paredes, porta do refrigerador etc. O padrão proposto pela ACCV mostra-se viável economicamente, com um tempo de retorno do investimento de 6 anos, aproximadamente 1/3 da vida útil de uma geladeira que é estimada em 16 anos. No período de 2008 a 2038, a quantidade de energia economizada pode atingir o montante de 54,6 TWh, a quantidade de emissão evitada de CO₂ pode atingir os 11 milhões de tCO₂⁸ e os consumidores brasileiros podem economizar aproximadamente R\$ 17,22 bilhões de Reais nas suas contas de eletricidade. Com a obtenção do padrão foram

⁷ As inovações sugeridas no trabalho para o aumento da eficiência energética para categoria de refrigeradores de uma porta, produzidos e/ou comercializados no Brasil, foram simuladas no programa de computador chamado ERA (*EPA Refrigerator Analysis*) do EPA (*Environmental Protection Agency*) e, também, foram feitos ensaios de laboratório (parceria com a universidade PUC de Curitiba – Paraná) em dois modelos de refrigeradores comercializados no mercado brasileiro. Mais detalhes sobre as inovações sugeridas são encontrados nos trabalhos de SILVA Jr (2005), JANNUZZI *et al* (2003 e 2004), QUEIROZ *et al* (2003) e VENDRUSCULO *et al* (2003).

⁸ tCO₂ = Tonelada de Dióxido de Carbono (CO₂). O cálculo das emissões evitadas de CO₂ refere-se, neste trabalho, a emissões de termelétricas a gás natural de ciclo combinado que não serão construídas por conta da redução da demanda de eletricidade, ocasionada pelo aumento de eficiência dos refrigeradores brasileiros de uma porta. Os passos para se calcular as emissões de dióxido de carbono são mais bem explicados nos trabalhos SILVA Jr (2005) para o estudo de caso dos refrigeradores e IPCC (1996) para cálculos de emissões de forma geral.

estabelecidos, também, os Índices de Eficiência Energética para cada categoria do selo comparativo PROCEL/INMETRO para os refrigeradores de uma porta.

Tabela 1: Proposta de Índice de Eficiência Energética para o Padrão 1 (28,10%) em 2008

Classe	IEE	
A	18,44	< IEE
B	18,29	< ou ≤ 18,44
C	18,07	< ou ≤ 18,29
D	17,68	< ou ≤ 18,07
E	17,11	< ou ≤ 17,68
F	16,25	< ou ≤ 17,11
G	IEE	≤ 16,25

O exemplo, a seguir, objetiva facilitar a interpretação dos Índices de Eficiência Energética da Tabela 1. Este exemplo, de caráter ilustrativo, é para demonstrar que o padrão de eficiência energética encontrado abrange todos os modelos de refrigeradores de uma porta do mercado brasileiro. Desta forma, com base no volume ajustado⁹ do refrigerador (por exemplo, 330 litros) dividindo-o pelo seu consumo mensal (por exemplo, 17,54 kWh/mês) é obtido o IEE = 17,10. Comparando o IEE = 17,10 com a Tabela 1 (Padrão sugerido para o ano de 2008) o refrigerador encontra-se na categoria “F”. Em SILVA Jr (2005) é apresentado mais detalhes da obtenção dos Índices de Eficiência Energética (IEE).

4 – CONCLUSÕES

O uso de ferramentas e métodos que simulam o desempenho do refrigerador para propor inovações técnicas e o uso da metodologia ACCV que é possível se obter reduções significativas no consumo de eletricidade dos refrigeradores brasileiros. A grande vantagem da análise apresentada através da aplicação da metodologia ACCV é permitir avaliação do impacto de inovações (melhorias tecnológicas) economicamente viáveis (*cost-effective*) em refrigeradores (por exemplo, de uma porta), resultando em economias importantes para os consumidores brasileiros e para o País; e para estimular a competição de um mercado de qualidade para o setor (eletrodomésticos). Contudo, quando não for possível coletar os dados exigidos para aplicação da ACCV (dados técnicos de inovações, custos, etc.), pode-se recorrer a metodologias mais simplificadas como citadas anteriormente.

Fica então, a recomendação da implantação do padrão obtido com a ACCV de 28,10% na média do setor de aumento de eficiência energética e da proposta do Índice de Eficiência Energética (Tabela 1) para o ano de 2008.

Este estudo recomenda, também, o desenvolvimento de um programa ou metodologia de rotulagem ambiental para os refrigeradores brasileiros. Estes rótulos já estão sendo utilizados por vários países no mundo (p. ex., Green Seal –

⁹ Volume Ajustado – VA (AV - *Adjusted Volume*). A equação para o cálculo do volume ajustado é expressa da seguinte forma: AV = Volume do refrigerador + Fator VA x Volume do Congelador/Freezer (NBR 8888 in TURIEL, 1997).

USA e Eco-Label – EU etc., Figura 8), incentivando (e, às vezes, obrigando quando o rótulo é de caráter compulsório) os fabricantes a adequarem-se em suas normas para poderem comercializar seus produtos nestes países.



Figura 8: Selos Ecológicos: Eco-label (EU) and Green Seal (USA) (ECO-LABEL, 23/05/2005).

Hoje, no Brasil, o rótulo Qualidade Ambiental – ABNT somente está sendo utilizado para o Manejo Florestal Sustentável (Figura 9), decorrente das madeiras brasileiras exportadas.



Figura 9: Selo Qualidade Ambiental - ABNT/CERFLOR (ABNT, 23/05/2005).

O CERFLOR é o certificado concedido a uma unidade de manejo florestal que seguem os princípios, critérios e indicadores de sustentabilidade florestal ABNT. Com este certificado, o produtor florestal pode comprovar que a madeira origina-se das técnicas de reflorestamento.

O Brasil ainda não possui uma metodologia ou um tipo de rotulagem ambiental para eletrodomésticos (e, em especial, para refrigeradores, objeto do estudo aqui apresentado), mas se nada for feito para que esta situação possa mudar, os fabricantes de refrigeradores brasileiros poderão ter dificuldades, pelos países que exigirem o rótulo ambiental, para exportar seus produtos (barreiras não tarifárias). Os consumidores brasileiros continuarão adquirindo produtos com tecnologias inferiores e possivelmente com maiores impactos ambientais e o País continuará, por exemplo, sofrendo impactos ambientais decorrentes do aumento da demanda no consumo de eletricidade oriundo de aparelhos ineficientes energeticamente e ambientalmente.

Contudo, não se pode apenas enfatizar o lado da estratégica econômica como vantagem para a utilização de programas de rotulagem ambiental. Estes programas visam principalmente diminuir os impactos ambientais gerados por toda cadeia produtiva de um dado produto, visa à qualidade técnica do produto (programa de eficiência energética) e visa, também, a qualidade de vida e integridade física do consumidor (por exemplo, preocupação com níveis de ruídos, com materiais que

podem provocar alergia, que podem conter partes cabíveis de acidentes por perfuração, corte etc.).

Desta maneira, os programas de rotulagem ambiental possuem diferenças importantes perante os programas de eficiência energética porque englobam, não só, os aspectos técnicos de funcionamento de um equipamento elétrico (desempenho energético), onde os selos e padrões de eficiência energética são fundamentais, mas também, todos os aspectos do ciclo de vida do produto. Assim, estes programas possibilitam analisar e minimizar a parcela de responsabilidade de um produto nos impactos ocorridos ao meio ambiente, desde a retirada de sua matéria prima na natureza, passando por todo o seu processo produtivo, logística de distribuição e utilização junto ao consumidor até chegar ao fim da sua vida útil (seu descarte ou sucateamento), conforme ilustra a Figura 10.

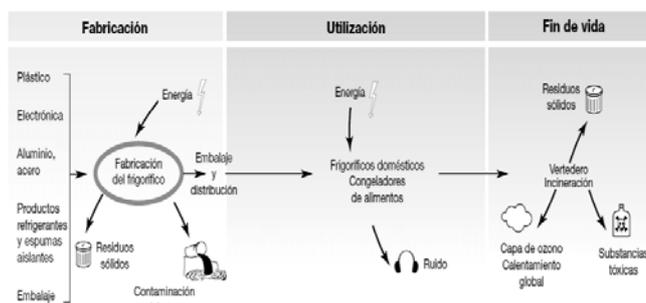


Figura 10: Diagrama Esquemático da Análise do Ciclo de Vida (ECO-LABEL, 03/03/2007).

Portanto, com essa nova forma de garantia de menores impactos ambientais gerados por produtos industrializados, estar-se-á combatendo cada vez mais, a degradação do meio ambiente com medidas mais concretas e efetivas, propiciando a melhoria da qualidade de vida para os seres humanos e para as demais espécies do Planeta.

Fica, então, a recomendação para próximos trabalhos, de um estudo sobre rótulos ambientais, que complementa a análise das etiquetas e padrões de eficiência energética, aqui apresentada. Serão necessárias, novas simulações, utilizando *softwares* específicos, novas considerações sobre inovações tecnológicas, estudo de melhoria de eficiência energética e de impacto ambiental também para outros equipamentos consumidores de eletricidade e até mesmo desenvolvimento e/ou adaptação das metodologias de programas de rotulagem ambiental internacionais para o caso brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, URL: <http://www.abnt.org.br/>, acesso em 23/05/2005.
- BRASIL, “Decreto N° 4.059, Regulamenta a Lei n° 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências”, Subchefia para Assuntos Jurídicos da Casa Civil da Presidência da República, 19 de dezembro de 2001b.
- BRASIL, “Lei N° 10.295, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências”, Subsecretaria de Informações do Senado Federal, 17 de outubro de 2001a.
- CLASP, “Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting”. Lead authors: WIEL,

- Stephen and MCMAHON, James E., Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), February, 2001, 205 p.
CLASPOLINE, URL: <http://www.clasponline.org/standard-label/development/labeling/label-design2.php3>, acesso em 17/09/2004.
- DOE, U.S. Department of Energy, “Technical Support Document: Energy Efficiency Standards for consumer products: Refrigerators, Refrigerators-Freezers, & Freezers”, July 1995, 391 p.
Eco-Label, URL: <http://www.eco-label.com>, acesso em 23/05/2005.
- [1] ENERGY STAR, URL: www.energystar.gov, acesso em 04/02/2005.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, URL: <http://www.inmetro.gov.br>, acesso em 16/04/2004.
- IPCC, Panel on Climate Change/National Greenhouse Gas Inventories Programme (IPCC/NGGIP). “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook” (Volume 2). 1996, See also: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1wb1.pdf>
- JANNUZZI, Gilberto M., QUEIROZ, Guilherme de Castilho, VENDRUSCULO, Edson Adriano, SILVA Jr., Herculano Xavier, “Padrões de Eficiência e Qualidade de Energia: Instrumentos para Política Pública de Inovação Tecnológica e Eficiência Energética”, Primeiro relatório parcial – ano 1, FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003, 44 p.
- JANNUZZI, Gilberto M., QUEIROZ, Guilherme de Castilho, VENDRUSCULO, Edson Adriano, SILVA Jr., Herculano Xavier, “Padrões de Eficiência e Qualidade de Energia: Instrumentos para Política Pública de Inovação Tecnológica e Eficiência Energética”, Relatório Final, FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004, 89 p.
- KAPLAN, Seymour, “Energy Economics: Quantitative Methods for Energy and Environmental Decisions”, McGraw-Hill, New York, 1983, 347 p.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente, “Políticas para o desenvolvimento sustentável: Guia de boas práticas para o consumo sustentável”, URL: www.mma.gov.br/port/sds/guia.html, acesso em 28/04/2005.
- PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL/Eletróbras), URL: <http://www.eletrabras.gov.br/procel/1.htm>, acesso em 04/03/2004.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV), Seminário Internacional Sobre Aplicações da Avaliação do Ciclo de Vida, Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA/ITAL, Campinas, CD-ROM, 2004.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, JANNUZZI, Gilberto De Martino, VENDRUSCULO, Edson Adriano, POMILIO, José Antônio, BORGES, Thomaz, “A life-cycle cost analysis (LCCA) for setting energy-efficiency standards in Brazil: The case of residential refrigerators”, **American Council for an Energy-Efficient Economy - ACEEE**, New York, 2003, 12 p.
- SILVA Jr., Herculano Xavier, “Aplicação das Metodologias de Análise Estatística e de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para o Estabelecimento de Padrões de Eficiência Energética: Refrigeradores Brasileiros”, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 144 p. Dissertação (Mestrado)
- TURIEL, I., Present status of residential appliance energy efficiency standards - an international review, Energy and Building Journal, vol. 26, ed. 1. Elsevier Sciences, 1997, pp 5-15.
- VENDRUSCULO, Edson Adriano, QUEIROZ, Guilherme de Castilho, JANNUZZI, Gilberto De Martino, POMILIO, José
- Antônio, BORGES, Thomaz, “Technical improvement of residential refrigerator in Brazil: energy efficiency analysis”, In **Anais do EEDAL 2003**, Torino, CD-ROM, 2003, pp 1-7.