

Estudo e definição de kit para melhoria de eficiência de refrigeradores residenciais visando subsidiar os programas de eficiência energética

P. H. R. P. Gama¹; E. C. Guardia¹; G. C. G. Lima¹, A. G. Lira¹, A. E. S. Melo²; A. Raad³; M. C. Javaroni³; J. T. B. Júnior³; B. L. Oliveira³, M. J. Mendonça³; ¹B&G Pesquisa e Desenvolvimento Ltda.; ²Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação; ³Light Serviços de Eletricidade S.A.

Resumo

Este artigo apresenta os principais resultados do desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado “Estudo e desenvolvimento de kit para melhoria de eficiência de refrigeradores residenciais visando subsidiar os programas de eficiência energética das distribuidoras”, desenvolvido pela B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos Ltda. – B&G em parceria com o Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação – CGTI, para a Light Serviços de Eletricidade S.A. dentro do Programa de P&D ANEEL desta distribuidora.

Foram realizados ensaios em vários refrigeradores portas simples e duplex com intuito de se definir um kit para ser usado em retrofitting de refrigeradores de forma a permitir um ganho em eficiência sem a necessidade de troca por um novo.

Palavras chave: Refrigeradores residenciais, retrofitting, kit refrigerador programa de eficiência energética.

I. Introdução

Na maioria dos Programas de Eficiência Energética – PEE realizados pelas distribuidoras é feita a substituição de refrigeradores antigos por novos, não levando em consideração a possibilidade de melhoria de eficiência nos refrigeradores antigos através de um retrofitting, pois se torna mais conveniente substituir o equipamento por inteiro do que ajustá-lo de maneira a aumentar sua eficiência. Dentro dos projetos de baixa renda de um PEE podem ocorrer situações onde o consumidor não se interessa pela troca do usado por um novo, principalmente pelo fato de que o novo apresenta volume útil muito menor que alguns antigos. Outro inconveniente da troca é não ter a garantia de que os refrigeradores antigos não retornarão para a área de concessão da distribuidora ou então de que eles serão descartados de forma correta, não trazendo danos ambientais. Para complementar o projeto atualmente utilizado dentro dos PEE's de baixa renda, com a substituição completa dos refrigeradores é que foi proposto e desenvolvido este projeto de pesquisa. O projeto teve duas vertentes de estudo. A primeira foi avaliar a eficiência dos refrigeradores usados com a substituição de alguns componentes principais, chamado de retrofitting. A segunda vertente foi a definição de um kit refrigerador, tendo como base o estudo de ganho de eficiência obtido com as trocas de alguns componentes. O kit resultante do estudo foi chamado de kit mínimo, pois contempla o menor conjunto de elementos que mantenha a qualidade de refrigeração do refrigerador que passou por um retrofitting. No projeto foram definidos também os procedimentos e a viabilidade de uso do kit dentro do programa de eficiência da distribuidora.

II. Dados de refrigerados da área de concessão da Light

Na área de concessão da Light observa-se, a partir de dados da PUC-Rio (2007), que a distribuição de refrigeradores em comunidades de baixo poder aquisitivo está mostrada na Tabela 1, e a eficiência energética dos refrigeradores na Tabela 2.

Tabela 1 – Posse média de refrigeradores por comunidade.

Comunidade	Número de refrigeradores	Posse média
Caju	184	1,02
Dois Irmãos	206	0,98
Jardim Ocidental	235	1,02
Lixão	209	1,04
Mangueira	186	1,03
Maré	213	1,01
Mata Machado	228	0,99
Vidigal	253	1,05
Vila Brasil	178	1,05
Vila Moreti	154	1,03
Total	2046	1,02

Tabela 2 – Distribuição dos refrigeradores por faixa de eficiência

Faixa de eficiência	Caju	Dois Irmãos	Jardim Ocidental	Lixão	Mangueira
A	71,68	67,86	51,88	60,64	55,40
B	15,93	15,00	16,88	22,34	28,06
C	4,42	5,00	3,75	2,13	2,88
D	5,31	8,57	8,13	9,04	7,19
E	2,65	3,57	19,38	5,85	6,47

Faixa de eficiência	Maré	Mata Machado	Vidigal	Vila Brasil	Vila Moreti
A	57,14	60,98	46,34	55,63	59,26
B	18,10	22,76	16,46	19,01	20,37
C	4,29	5,69	3,05	2,82	5,56
D	8,10	5,69	16,46	8,45	12,96
E	12,38	4,88	17,68	1,41	1,85

III. O Selo Procel e seu impacto nos refrigeradores

Em 1993, foi desenvolvido pelo PROCEL o “Selo Procel de Economia de Energia”, instituído através de Decreto Presidencial. Estimulando a fabricação e a comercialização de equipamentos mais eficientes. Em 1995, já apareciam os primeiros equipamentos com o selo PROCEL. A princípio foram escolhidas três categorias da linha de refrigeradores: uma porta; duas portas ou combinados.

Pôde-se verificar através do Programa Brasileiro de Etiquetagem – INMETRO – que o consumo de energia dos refrigeradores permaneceu constante até a década de 90 e a

partir daí é notório a diminuição do consumo de energia desses mesmos refrigeradores, isso se da, principalmente, devido à medida do selo PROCEL. Pode-se observar na Tabela 3 que o consumo de energia permaneceu constante de 86 até o final da década de 90, sofrendo diminuição a partir de 1999.

Na tabela 3 é apresentado o consumo de um refrigerador da marca Consul de aproximadamente 310 ℓ.

Tabela 3 – Consumo de Energia para refrigerador de 1 porta conforme NBR 8888. [Inmetro, 2007], [Procel, 2008].

Data dos ensaios	Consumo de Energia (kWh/mês)
1986/1987	45
1988	45
1989	45
Abril/1991	45
2º Semestre /1993	45
1º Semestre / 1994	42,9
1995	40
1996	37
1997	37
1998	35,5
1999	35
2000	32,8
2001	28,5
2002	24,5
2003	24,5
2004	24,5
2005	24,5
2006	24,5
2007	24,5
2008	24,5

Os dados da Tabela 3 foram fundamentais para definir o limiar de tempo para retrofitting dos refrigeradores.

IV. Levantamento de dados sobre refrigeradores e compressores

A melhoria da eficiência dos refrigeradores ao longo do tempo se deu principalmente a três fatores: a melhoria nos compressores, a melhoria no isolamento térmico e a melhoria no sistema de controle dos mesmos.

O compressor é responsável pelo maior consumo de energia do refrigerador. É ele que promove o bombeamento do fluido refrigerante, que ao retornar do evaporador no estado gasoso é succionado e bombeado para o condensador, causando baixa pressão no evaporador e alta pressão no condensador, além de elevar ainda a temperatura do gás.

No projeto foram usados apenas compressores de duas marcas: Embraco e Tecumseh, por serem as mais comuns e presentes em todos os refrigeradores ensaiados. Dentro da marca Embraco utilizou-se também alguns da linha racional, que oferece uma melhor eficiência.

V. Preparação para ensaios dos refrigeradores

O ensaio dos refrigeradores foi baseado na norma NBR 8888 – “Refrigeradores e Congeladores Elétricos – Medição do Consumo de Energia – Métodos de Ensaio”, Junho de 1985. Para a medição da energia consumida, utilizou-se o equipamento RE6000 da Embrasul [Embrasul, 2008]. Este equipamento apresentou exatidão de 1% para as medições de corrente e de 0,2% para a tensão. Para a medição da

temperatura interna, foram utilizados termômetros e sensores da Estação Meteorológica Data/Clima Logger da marca Incoterm [Incoterm, 2008]. Outro elemento usado nos ensaios foi a chamada “Massa Térmica”, feito exclusivamente para os ensaios, que é um composto que simula uma carne magra colocada no compartimento congelador para se poder fazer as medições de temperatura e de consumo de energia.

O ensaio consistiu então em se determinar os períodos de ciclagem dos refrigeradores e suas respectivas temperaturas para posteriormente avaliar o seu desempenho e consumo.

VI. A seleção e aquisição dos refrigeradores novos e usados para os ensaios.

Foram selecionados dois tipos de refrigeradores novos para serem trocados por refrigeradores usados. Um de porta simples e outro de porta duplex. Foi elaborado um questionário para a realização de uma pesquisa de campo a fim de encontrar refrigeradores usados que serviram de base para os ensaios. O questionário visava poder identificar as características dos refrigeradores que poderiam ser submetidos ao *retrofitting*, tendo em vista que nem todos estão aptos a esta opção.

Elaborou-se também um termo de adesão para permuta de refrigeradores, onde o cliente receberia o refrigerador novo e em troca daria o usado. Este termo serviu para que caso houvesse problema no refrigerador novo a responsabilidade seria da empresa vendedora e não das instituições executoras da pesquisa.

O refrigerador adotado para a porta simples foi o CÔnsul 340 modelo CRP34A com capacidade total de 340 litros. Já para o duplex foi o Brastemp BRD47DB.

De posse desse procedimento foram obtidos os refrigeradores usados para serem ensaiados.

Um dos itens mais importantes para a escolha dos refrigeradores usados é a necessidade de apresentar compressor original e ter sido fabricado em data não superior a 1999.

VII. Ensaios nos refrigeradores usados

Os ensaios foram realizados em 10 (dez) refrigeradores porta simples usados e 10 (dez) porta duplex usados. Os resultados dos ensaios estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo dos Refrigeradores Porta Simples.

Identificação do refrigerador	CONSUMO ORIGINAL
	kWh/mês
R1- CONSUL PRATICE 230	49,43
R2 - CONSUL 280 SL	56,61
R3 -CONSUL CONTEST 28	72,04
R4 -CONSUL PRATICE 230	55,20
R5- BRASTEMP QUALITY 300	51,22
R6- ELECTROLUX R26	46,55
R7-PROSDOCIMO R27	34,83
R8 - ELETROLUX R28	46,08
R9- BRASTEMP S 280	41,00
R10- BRASTEMP QUALITY 330	46,13

A Tabela 5 ilustra o consumo dos refrigeradores duplex. O consumo do refrigerador duplex novo, que foi utilizado como referência foi de 48 kWh/mês.

Tabela 5 – Consumo dos Refrigeradores Duplex.

IDENTIFICAÇÃO DO REFRIGERADOR	CONSUMO ORIGINAL
	kWh/mês
RD1 - BRASTEMP DUPLEX 340	138,75
RD2- BRASTEMP BRR42FLO	142,56
RD3 - BRASTEMP QUALITY 410	102,71
RD4- BRASTEMP QUALITY 440	157,44
RD5- BRASTEMP CLEAN 440	118,20
RD6 - BRASTEMP DUPLEX 360 CLEAR	133,40
RD7- BRASTEMP CLEAN 440	121,34
RD8- CONSUL CRD 41	92,94
RD9- BRASTEMP FAST FREEZING	127,20
RD10 - CONSUL BIPLEX 410	114,27

VIII. Identificação das características dos componentes dos refrigeradores a serem trocados e definição inicial do Kit.

Após a realização dos ensaios nos refrigeradores usados, partiu-se para uma avaliação detalhada das partes que precisariam ser trocadas em cada um deles visando minimizar o consumo de energia elétrica após a troca dos componentes necessários. Por outro lado, a definição destes componentes deu origem a um kit inicial de componentes necessários em cada um deles para um adequado retrofitting.

O primeiro ponto observado foi a estrutura física dos refrigeradores usados, a observação do seu exterior e de seu interior, a preservação de seus componentes bem como sua funcionalidade. Para que o refrigerador esteja em condições mínimas para uso a sua laticaria deverá estar preservada com nenhum ou pouco ponto de ferrugem desde que não prejudique seu isolamento térmico que deve estar intacto sem perfurações ou umidade, seu gabinete externo não deve apresentar furos, rachaduras ou fissuras que possa expor o material isolante, suas gaxetas (borracha de vedação na(s) porta(s)) devem estar suficientemente boas para vedar o interior do refrigerador afim de que não haja saída de ar frio, o que pode acarretar em perda de temperatura e conseqüente ineficiência do refrigerador, uma vez que haverá um maior consumo de energia elétrica e uma reduzida capacidade de refrigeração.

Outros componentes que devem ser observados foram a tampa do congelador nos porta simples, os termostatos, o filtro, possíveis vazamentos de gás, o tipo do gás refrigerante, as buchas de abertura das portas, a originalidade do compressor e suas características (marca, modelo, ano de fabricação, código na etiqueta, formato, etc.), o ventilador interno (nos duplex), dentre outros relacionados com a estética.

IX. Retrofitting dos Refrigeradores Usados

Para a realização do retrofitting dos componentes dos refrigeradores usados tornou-se necessário contratar uma empresa especializada em manutenção de refrigeradores. Os critérios adotados para a seleção desta empresa foram: Possuir máquina recolhadora de gás e possuir técnico

capacitado e equipamentos adequados para a troca de compressores. A máquina recolhadora é um equipamento atualmente cedido gratuitamente pelo PNUD – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente para empresas que atuam atividades que envolvem gás refrigerante. Em Olinda e Recife, local dos ensaios, apenas duas empresas possuíam esta máquina. A Figura 1 ilustra a máquina recolhadora cedida pelo PNUD.



Figura 1 – Máquina recolhadora de gás refrigerante.

Com a empresa selecionada partiu-se para o retrofitting dos refrigeradores usados, dando especial atenção na troca dos compressores, tendo em vista que uma troca mal realizada, com excesso ou falta de gás refrigerante faz com que o compressor trabalhe de forma inadequada consumindo mais energia.

Para todos os refrigeradores usados foram trocados os seguintes componentes: compressor, gás refrigerante e gaxeta. Em apenas 1 (uma) porta simples realizou-se a troca do termostato, outro porta simples a troca do botão de degelo e outro do óleo sintético. Apenas um duplex teve um ventilador trocado.

Para os refrigeradores porta simples foram feitas duas trocas de compressores para cada um. Na 1ª troca, quatro refrigeradores porta simples tiveram os seus compressores trocados por Embraco Racional. Os demais por Embraco convencional. Na 2ª troca, todos os compressores foram substituídos por Tecumseh (convencional).

Para os refrigeradores Duplex também foram feitas duas trocas de compressor. Na 1ª todos os refrigeradores tiveram os seus compressores substituídos por Tecumseh. Já na segunda por Embraco. Ambos convencionais.

Para cada troca realizada, procedeu-se aos ensaios para medição de consumo dos refrigeradores. Os ensaios seguiram conforme procedimento descrito no item V citado anteriormente. O resultado dos ensaios pode ser vistos nas Tabelas 6 e 7. Observe que para os duplex, consta na Tabela 7 apenas os dados com o compressor Embraco foram apresentados. Isso se deu pelo fato de que se optou por manter o “tipo sanguíneo” dos compressores, ou seja, se o original é Embraco, no retrofitting foi colocado Embraco e vice-versa. No entanto os ensaios com o compressor Tecumseh também foram realizados.

X. Avaliação e Procedimentos Adequados para Retrofitting de Componentes

Após a realização dos ensaios, tornou-se possível avaliar a necessidade de cada componente, bem como os procedimentos adequados para a obtenção de sucesso com retrofitting de refrigeradores. Observou-se que um fator fundamental e de grande dificuldade é a correta identificação dos compressores originais.

Tabela 6 – Consumo dos Refrigeradores Porta Simples de dois Retrofitting.

Identificação do refrigerador	CONSUMO ORIGINAL	Diferença de Consumo Original - Novo	1º Retrofitting				2º Retrofitting	
			CONSUMO TROCA Embraco Racional	Economia Troca Embraco Racional	CONSUMO TROCA EMBRACO	Economia Troca EMBRACO	CONSUMO TROCA TECUNSEH	Economia Troca Tecunseh
			kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
R1 - CONSUL PRATICE 230	49,43	28,50	31,56	17,87			35,92	13,51
R2 - CONSUL 280 SL	56,61	35,68	31,60	25,01			32,40	24,21
R3 - CONSUL CONTEST 28	72,04	51,11	29,25	42,79			31,01	41,03
R4 - CONSUL PRATICE 230	55,20	34,27	22,19	33,01			26,63	28,57
R5 - BRASTEMP QUALITY 300	51,22	30,29			36,24	14,98	38,51	12,71
R6 - ELECTROLUX R26	46,55	25,62			35,66	10,89	48,75	- 2,20
R7 - PROSDOCIMO R27	34,83	13,90					50,48	- 15,65
R8 - ELETROLUX R28	46,08	25,15			55,06	- 8,98	43,07	3,01
R9 - BRASTEMP S 280	41,00	20,07			29,62	11,38	25,98	15,02
R10 - BRASTEMP QUALITY 330	46,13	25,20			33,30	12,83	29,44	16,69
Porta Simples Novo	20,93							

Tabela 7 – Consumo dos Refrigeradores Duplex do Retrofitting com Embraco.

IDENTIFICAÇÃO DO REFRIGERADOR	CONSUMO ORIGINAL	CONSUMO TROCA EMBRACO	Economia	Economia
	kWh/mês	kWh/mês	kWh/mês	média em %
RD1 - BRASTEMP DUPLEX 340	138,75	76,58	62,17	45%
RD2 - BRASTEMP BRR42FLO	142,56	131,25	11,31	8%
RD3 - BRASTEMP QUALITY 410	102,71	109,15	- 6,44	-6%
RD4 - BRASTEMP QUALITY 440	157,44	133,77	23,67	15%
RD5 - BRASTEMP CLEAN 440	118,20	105,15	13,05	11%
RD6 - BRASTEMP DUPLEX 360 CLEAR	133,40	115,80	17,60	13%
RD7 - BRASTEMP CLEAN 440	121,34	106,13	15,21	13%
RD8 - CONSUL CRD 41	92,94	83,52	9,42	10%
RD9 - BRASTEMP FAST FREEZING	127,20	109,74	17,46	14%
RD10 - CONSUL BIPLEX 410	114,27	78,00	36,27	32%

Sem essa identificação corre-se o risco de substituir o original por um de maior capacidade de refrigeração e com isso perder a economia esperada com o retrofitting. Esta identificação deve ser feita através da etiqueta no compressor que posteriormente deverá ser conferida nos sites dos fabricantes. Quando da não existência da etiqueta ou outra identificação do compressor, torna-se necessário realizar medições de corrente e avaliação do volume do refrigerador para poder determinar corretamente o compressor.

Outro fator de grande importância no retrofitting é avaliar se o termostato está funcionando corretamente para evitar o consumo constante de energia sem ciclos de desligamento. Além disso, o item de substituição mais sensível à variação de consumo de energia, além dos citados anteriormente, é a pesagem adequada da carga de gás refrigerante necessária para ser substituída. Pois um pouco a mais ou a menos pode interferir de maneira a aumentar o consumo de energia dos refrigeradores submetidos ao retrofitting. Se não for medido corretamente, pode vir a fazer com que o refrigerador consuma mais energia com o compressor novo do que com o antigo.

Em todos os refrigeradores a gaxeta encontrava-se muito envelhecida, demandando ser trocada. Cabe observar os vários tipos de gaxeta para se adquirir o modelo correto.

Os outros acessórios não interferiram significativamente no consumo de energia elétrica, sendo necessários principalmente para a manutenção da qualidade do frio no interior do gabinete refrigerado.

Por fim, a substituição dos compressores, deve prioritariamente manter a marca do original, para que a capacidade de refrigeração seja mantida conforme projeto original.

XI. Determinação do Kit Refrigerador para subsidiar os Programas de Eficiência Energética das Distribuidoras

Pelo estudo realizado em 20 refrigeradores, sendo 10 portas simples e 10 portas duplex e considerando marcas diferentes para o refrigerador e para os compressores, observou-se que o Kit Refrigerador será composto de um conjunto mínimo de peças.

Não há possibilidade de se obter um Kit único, uma vez que existem muitos refrigeradores de diferentes marcas, modelos e capacidades. A dificuldade em se obter um kit único está principalmente no fato dos sistemas de refrigeração ser diferente um dos outros, apresentando capacidades térmicas diferentes. Sendo assim impossível “universalizar” o Kit. Por outro lado, o Kit Refrigerador será composto de um conjunto mínimo de peças que poderão ser substituídas em todos os refrigeradores visando maximizar os benefícios globais de um retrofitting. O **Kit Mínimo**, assim chamado, será composto por no mínimo um compressor com filtro secador, uma gaxeta e a troca do gás refrigerante. Obviamente que um teste no termostato deve ser feito, para garantir o correto funcionamento do refrigerador, e se estiver com defeito, deverá ser substituído.

Poderá ser complementado por outros acessórios como ventilador e/ou tampa do congelador quando necessário, mas não obrigatório. O **Kit Mínimo** só deverá ser aplicado em refrigeradores que possuam comprovadamente mais de dez anos de uso, ou seja, refrigeradores que tenham sido fabricados até o ano de 2000.

O retrofitting com o **Kit Mínimo** deverá seguir procedimentos adequados de troca, para garantir os resultados de redução de consumo esperados.

No entanto, o Kit Mínimo só deverá ser usado em refrigeradores passíveis de serem submetidos ao retrofitting, ou seja, que estejam em condições de durarem por mais alguns anos.

XII. Avaliação Econômica para subsidiar Programas de Eficiência Energética

Visando comparar um programa de eficiência energética de doação de refrigeradores com um de retrofitting, foram considerados os valores adotados pela Light dentro de uma análise de viabilidade técnico-econômica utilizando-se as seguintes variáveis para avaliação:

- TMA – taxa mínima de atratividade de 8%
- VPL – Valor Presente Líquido
- RCB – Relação Custo Benefício

Avaliou-se a viabilidade de um projeto com doação de lâmpadas e troca de refrigeradores usados por novo com outro projeto com doação de lâmpadas e retrofitting no refrigerador usado.

Para tanto, foram considerados os seguintes custos:

- Refrigerador novo porta simples: R\$1.082,45
- Refrigerador novo duplex: R\$1.598,00
- Custo da energia (baixa renda): R\$ 0,35174/kWh

Outras variáveis não consideradas neste momento:

- Receita do compressor usado vendido como sucata
- Benefício por geração de emprego e renda pela inserção de um serviço de retrofitting
- Variável ambiental por não descartar os materiais do refrigerador usado no caso do retrofitting
- Valor subjetivo de satisfação do cliente em se obter um novo frente a um retrofitting
- Gases de efeito estufa (CFC) evitados quando não realizado descarte adequadamente do usado
- Garantia de que o refrigerador trocado pelo novo não retorne à área de concessão da distribuidora

A determinação da viabilidade do retrofitting frente a troca por um novo deve ser cautelosa pelo fato de que outras variáveis subjetivas podem ser incorporadas, como por exemplo, o valor ambiental dos materiais e gases que não serão descartados no meio ambiente.

Outro fator extremamente importante a ser considerado é a variação de preços de serviços e peças para o retrofitting. Como uma negociação em grande escala pode beneficiar o retrofitting, diminuindo o seu custo, torna-se importante uma avaliação da variação nestes valores para se ter uma sensibilidade sobre os limites aceitáveis para o mesmo.

Para os cálculos aqui apresentados, foram considerados os valores de mercado dos componentes e serviços obtidos quando da realização dos ensaios. Não foi preocupação naquele momento em se obter o menor custo das peças ou serviços, mas sim da qualidade do retrofitting.

Para a determinação dos elementos visando calcular a viabilidade técnico-econômica do retrofitting considerou-se

os custos de referência das trocas realizadas nos refrigeradores portas simples e duplex conforme mostram a Tabela 8 e Tabela 9 respectivamente.

Tabela 8 – Custos Associados com o Retrofitting para Refrigeradores Porta Simples.

Identificação do refrigerador	1ª Troca		2ª Troca
	Custo Troca Embraco Racional	Custo Troca EMBRACO	Custo Troca TECUMSEH
	R\$	R\$	R\$
R1 - CONSUL PRATICE 230	502,10		492,10
R2 - CONSUL 280 SL	520,50		547,50
R3 - CONSUL CONTEST 28	521,50		512,10
R4 - CONSUL PRATICE 230	517,70		507,70
R5 - BRASTEMP QUALITY 300		438,90	480,90
R6 - ELECTROLUX R26		462,10	504,10
R7 - PROSDOCIMO R27		-	460,90
R8 - ELETROLUX R28		482,90	524,90
R9 - BRASTEMP S 280		505,90	480,90
R10 - BRASTEMP QUALITY 330		438,90	480,90
Total	2.061,80	2.328,70	4.992,00

Tabela 9 – Custos Associados com o Retrofitting para Refrigeradores Duplex.

IDENTIFICAÇÃO DO REFRIGERADOR	Custo Troca Embraco R\$
RD1 - BRASTEMP DUPLEX 340	622,40
RD2 - BRASTEMP BRR42FLO	586,30
RD3 - BRASTEMP QUALITY 410	638,20
RD4 - BRASTEMP QUALITY 440	616,60
RD5 - BRASTEMP CLEAN 440	605,40
RD6 - BRASTEMP DUPLEX 360 CLEAR	529,50
RD7 - BRASTEMP CLEAN 440	647,00
RD8 - CONSUL CRD 41	627,80
RD9 - BRASTEMP FAST FREEZING	665,40
RD10 - CONSUL BIPLEX 410	625,40
TOTAL	6.263,90

Cabe observar que os custos com retrofitting não foram negociados a ponto de se obter o mais barato. Para a realização da pesquisa a preocupação principal foi a contratação de uma empresa que tivesse máquina recolhadora para retirar o gás sem agressão ambiental. No entanto, foram cotados os serviços e produtos com duas credenciadas e dentre elas a escolha foi pautada no menor preço. Assim sendo, e considerando a possibilidade de ser obter menores preços no mercado para compressores, gaxetas, mão de obra, gás refrigerante, etc., optou-se por realizar uma análise de viabilidade com variações de preços destes materiais, equipamentos e serviços. Com isso a concessionária obtém uma sensibilidade quanto aos limites mínimos e máximos que deverá aceitar para a realização de um retrofitting.

Em consulta à Embraco, fabricante de compressores, foi possível obter a informação de que se a compra de compressores for feita em quantidade acima de 60 unidades (ainda negociável) o valor do mesmo poderá ser faturado diretamente da fábrica em com preço reduzido em cerca de 20 a 25% do praticado no mercado. A mesma redução poderia ser estimada na Tecumseh também. Outra observação importante é que caso a concessionária venha adotar esse projeto como elegível ao seu Programa de Eficiência Energética, ela poderá negociar uma quantidade bem superior e com isso obter custos menores na compra dos compressores.

Outro elemento importante na formação de custo é a mão de obra para a troca dos compressores. Este é o segundo maior custo depois do compressor. Na seqüência verificaram-se os custos com a carga de gás e a gaxeta. Uma boa negociação com as empresas de serviço de refrigeração poderá reduzir de forma bem mais significativa os custos globais, viabilizando ainda mais o retrofitting.

De posse destes dados e considerando que a vida útil de um retrofitting fique em entre 5 e 10 anos e para um refrigerador novo em 10 anos (conforme regras ANEEL para o PEE), avaliou-se duas condições de Projeto de PEE com Retrofitting de refrigeradores chegando-se aos seguintes resultados:

Projeto Piloto 1: Doação de 2000 lâmpadas fluorescentes compactas de 15W cada com retrofitting de 500 refrigeradores usados. Considerou-se a vida útil dos componentes do retrofitting em 5 anos.

Projeto Piloto 2: Doação de 2000 lâmpadas fluorescentes compactas de 15W cada com retrofitting de 500 refrigeradores usados. Considerou-se a vida útil dos componentes do retrofitting em 6 e 10 anos.

Projeto Piloto 3: Doação de 2000 lâmpadas fluorescentes compactas de 15W cada com retrofitting de 100 refrigeradores usados e com troca de 400 refrigeradores usados por novos. Considerou-se a vida útil dos componentes do retrofitting em 5 anos e do refrigerador novo em 10 anos.

Projeto Tradicional: Doação de 2000 lâmpadas fluorescentes compactas de 15W cada com troca de 500 refrigeradores usados por novos. Considerou-se a vida útil dos componentes do refrigerador novo em 10 anos.

O resultado com o RCB de cada projeto está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Custos Associados com o Retrofitting para Refrigeradores Duplex.

Tipo do Projeto	Vida útil refrigeração (anos)	Relação Custo Benefício - RCB
Piloto 1 – Somente Retrofitting	5	0,893
Piloto 2 – Somente Retrofitting	6	0,787
	10	0,578
Piloto 3 - 20 % Retrofitting e 80% Troca	5	0,639
	10	0,607
Tradicional – 100% Troca	10	0,618

XIII. Conclusões

O retrofitting deve ser visto como uma opção complementar à troca de refrigeradores novos por usados dentro dos Projetos do PEE das distribuidoras. Ele mostrou-se viável quando associado à troca de refrigeradores novos por usados e também quando se considera a vida útil dos seus componentes superior a 6 anos. Convém, no entanto, observar que o retrofitting carece de maiores cuidados para ser executado, frente ao projeto de troca por novo, para que se alcance os objetivos de redução de consumo de energia esperados. O retrofitting deve ser feito com um **Kit Mínimo** de componentes e materiais necessários para a garantia da redução esperada de consumo, além de seguir procedimentos adequados para a troca dos mesmos.

O Retrofitting de refrigeradores pode ser interpretado como sendo uma postergação de investimentos das empresas distribuidoras na troca do refrigerador pelo novo. Com ele, será possível atender aproximadamente o dobro de clientes comparado com o número de troca de refrigeradores novos por usados. Além disso, o sistema de retrofitting permite à distribuidora viabilizar emprego e renda para empresas prestadoras deste tipo de serviço, além de garantir com que os gases de efeito estufa, ainda existentes em refrigeradores com mais de 10 anos de existência, não sejam lançados na atmosfera, permitindo ainda que os refrigeradores usados não sejam vendidos e retornados à área de concessão da distribuidora, como aconteceu em alguns casos da troca pelo novo.

De posse deste estudo tornou-se possível oferecer às empresas distribuidoras um projeto piloto para o retrofitting de refrigeradores, ampliando com isso o leque de opções de projetos de eficiência associados com os seus Programas de Eficiência Energética.

XIV. Agradecimentos

Os autores agradecem à distribuidora Light Serviços de Eletricidade S.A pela oportunidade em desenvolver este artigo que foi fruto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento dos Ciclos 2006/2007 e 2007/2008 vinculado às regras da ANEEL.

XV. Contatos

Os contatos acerca deste trabalho podem ser feitos através do email: paulogama@bgpesquisa.com.br. Empresa: B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos Ltda.

XVI. Referências Bibliográficas

- ELETROBRÁS, PROCEL 2007. Relatório da Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso - Classe Residencial - Ano base 2005 – Brasil
- ELETROBRÁS, PROCEL. Avaliação dos Resultados do Procel 2004, 2005, 2006 e 2007.
- GAMA, Paulo Henrique R. P.; "A Conservação de Energia e sua Relação com a Qualidade de Energia Elétrica", Dissertação de Mestrado, Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI, Dezembro de 1998.
- JANNUZZI, G. M. 2007. Programas de Eficiência Energética para Consumidores Residenciais de Baixa Renda no Brasil: Considerações para um Programa de Substituição de Refrigeradores. Relatório de Pesquisa.
- MELO, CONRADO A. DE.; JANNUZZI, G. M. 2008. "O estoque de refrigeradores no Brasil: diferenças e semelhanças regionais por faixas de renda".
- MELO, CONRADO A. de; Mecanismos para Promover a Eficiência Energética: Substituição de Refrigeradores no Brasil. PUC-Rio, Relatório 3 - Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento no 015/2006, intitulado "Elaboração de Ferramenta Computacional para Estimar Consumo e Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Comunidades de Baixo Poder Aquisitivo", 2007.
- Sites da Internet pesquisados
- ABNTNET, 2007. "Normas Técnicas". Associação Brasileira de Normas Técnicas. <http://www.abntnet.com.br/default.aspx>
- EMBRACO, 2008. www.embraco.com.br
- EMBRASUL, 2008. www.embrasul.com.br
- INCOTERM, 2008. www.incoterm.com.br
- INMETRO, 2007. "Programa Brasileiro de Etiquetagem". Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
- PROCEL, 2008. www.eletobras.gov.br/procel
- TECUMSEH, 2008. www.tecumseh.com.br