

# ESTUDO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO CONTROLE DO CARREGAMENTO DE GELADEIRA E AR CONDICIONADO

Thallis Elizeu Lima Dos Santos Santana <sup>1</sup>

Antônia Ferreira dos Santos Cruz<sup>2</sup>

## Resumo

Tendo em vista a preocupação existente acerca do uso eficiente de energia, o presente trabalho tem como finalidade, apresentar o potencial de conservação energética de determinados eletrodomésticos, a conhecer geladeira e ar condicionado, através de sua condição de carregamento. Demonstrando a partir de um estudo de caso formas de se conseguir um uso mais racional de energia o qual irá representar para um consumidor residencial uma redução em sua conta de energia. Desta forma, este estudo permite concluir que a análise do carregamento de equipamentos residenciais pode se tornar um importante aliado na redução do consumo energético mantendo a mesma qualidade de uso.

**Palavras-chaves:** Conservação de energia; Consumidor residencial; Eletrodomésticos; Carregamento energético.

## Abstract

Considering the existing concern about the efficient use of energy, this paper aims to present the energy conservation potential of certain appliances, like refrigerators and air conditioning equipments through their loading condition. Demonstrating from a case study ways to achieve a more rational use of energy which will represent for a residential consumer with a reduction in his energy bill. Thus, this study shows that the analysis of residential loading equipment can become an important ally in reducing energy consumption while maintaining the same quality of use.

**Keywords:** Energy conservation; Residential customer; Home appliances; Energy load.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto mundial atual a energia elétrica tem assumido funções essenciais na vida das pessoas, empresas e indústrias. Diretamente ligada ao crescimento econômico e avanços tecnológicos, a eletricidade tem sido um dos bens mais consumidos no mundo, fator este que tem motivado a população a buscar cada vez mais um uso mais eficiente e racional dessa energia (MACHADO, 2011).

Segundo dados da EPE, em 2014 o setor residencial representou um consumo de aproximadamente 28% da energia elétrica no país, o que chama a atenção para este setor propiciando cada vez mais o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a área de eficiência energética no mesmo.

Avaliando o contexto do setor residencial observa-se a grande dependência por eletricidade deste setor, pois a mesma é responsável por alimentar praticamente todos

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de engenharia elétricas – E-mail thallis\_elizeu@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente da Universidade Salvador- UNIFACS. E-mail: antonia.cruz@po.unifacs.br

equipamentos disponíveis na casa, desde aparelhos simples, como lâmpadas e chuveiro elétrico, até equipamentos mais complexos que reúnem diversos outros equipamentos, como geladeira e ar condicionado.

Durante o seu funcionamento estes equipamentos transformam formas de energia, onde durante esse processo parte dessa energia é perdida para o meio. De modo a exemplificar pode-se citar o funcionamento das lâmpadas que transformam a eletricidade em luz e calor. Como a função da mesma é iluminar, obtêm-se sua eficiência dividindo a energia da luz pela energia elétrica utilizada pela lâmpada (SANTOS, 2009). Além desse desperdício de energia em forma de calor no caso das lâmpadas, pode-se evidenciar numa residência diversos outros tipos de desperdícios, desde lâmpadas acesas em cômodos vazios à equipamentos domésticos com carregamento indevido.

Uma forma de propiciar o uso racional e eficiente de energia elétrica é através de intervenções junto às instalações consumidoras. Utilizando-se de medidas que otimizem o funcionamento de cada equipamento, de modo a reduzir seu consumo sem comprometer seu desempenho (SANTOS,2009). Nessa intervenção faz-se uma avaliação de todas grandezas elétricas envolvidas no funcionamento do equipamento, o que possibilita o estudo do consumo em função do seu nível de carregamento, variando o mesmo do seu nível mínimo ao máximo da potência, permitindo propor soluções que aumentem a eficiência do equipamento em pauta, além de demonstrar o seu potencial de conservação dos usos finais considerados para o equipamento sem comprometer o seu desempenho.

O trabalho proposto consiste em avaliar o consumo dos equipamentos eletrodomésticos em detrimento do seu carregamento, a conhecer geladeira e ar condicionado, tendo como foco esse novo estudo até então pouco debatido de como se obter um melhor aproveitamento do potencial de conservação energética desses equipamentos. Com isto espera-se através de um estudo de caso contribuir para o setor residencial evitando desperdícios desnecessários de energia elétrica e trazer para o consumidor final uma forma prática de reduzir sua conta sem investimentos financeiros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Eficiência Energética**

Segundo Rodrigues (2011) a eficiência energética pode ser definida como:

A otimização/racionalização que se pode aplicar ao consumo de energia. Este conceito baseia-se na implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia ao longo de todo o processo de transformação, que vai desde a aquisição de recursos energéticos até à utilização de energia, acompanhando todo o seu processo de produção e distribuição.

O termo “Eficiência Energética” está diretamente relacionado com a produtividade, o desenvolvimento sustentável e à proteção do meio ambiente, o qual visa garantir o suprimento energético da sociedade atual sem comprometer a capacidade de geração futura na continuidade desse suprimento (BEZERRA, 2008).

As medidas que garantem essa eficiência, não trazem apenas um benefício direto para o usuário, mas traz também importantes benefícios para a população, já que o mesmo traz um alívio para o sistema de energia. Como essas medidas promovem um aumento da oferta energética podemos classificá-la como uma forma de geração descentralizada de energia. Além desse benefício pode-se relatar a preservação ambiental, pois a medida que o sistema se torna mais eficiente ocorre uma postergação da criação de novas usinas geradoras (BEZERRA, 2008).

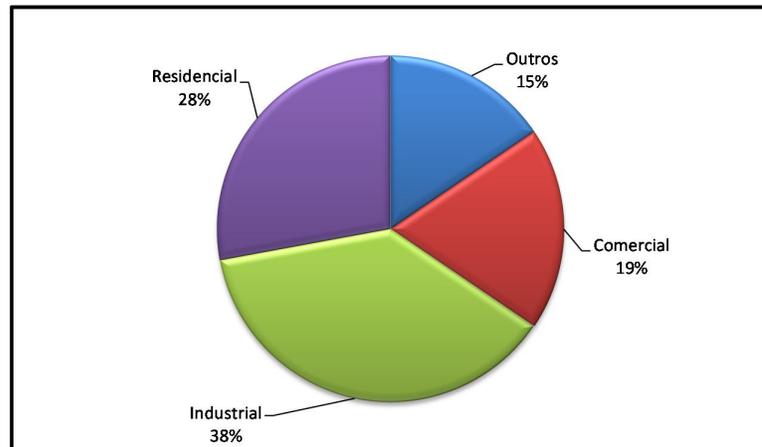
De modo geral a eficiência energética visa propor novas formas de consumo sem comprometer o bem-estar do usuário e o funcionamento adequado do equipamento. A mesma pode ser obtida através da inovação tecnológica na introdução de novos equipamentos, produtos ou tecnologias mais eficientes (BEZERRA, 2008). Toda essa inovação pode vir acompanhada de um custo relacionado a eficiência energética prometida que mesmo assim se sobressai muitas vezes quando comparados com equipamentos menos eficientes. Por isso, fazer “boas” decisões de investimento em equipamentos domésticos ou aparelhos industriais do ponto de vista de Energia Elétrica é certamente racional do ponto de vista econômico (SANTOS, 2009).

## 2.2 Usos finais de energia no setor residencial brasileiro

Segundo pesquisas os eletrodomésticos representam grande parte do consumo mensal de energia elétrica no ambiente residencial. Devido a isso tornar os equipamentos elétricos mais eficientes acarretará em uma diminuição no consumo de energia elétrica no setor residencial (FEDRIGO et al., 2009).

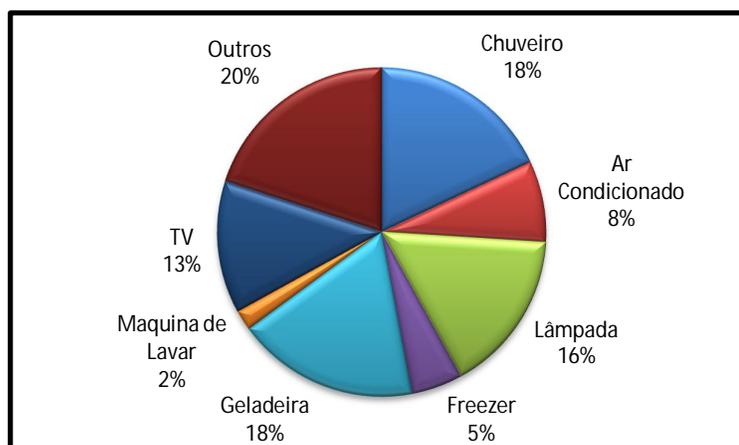
De acordo a figura 1, observa-se que o setor residencial participa com 28% do consumo total de energia elétrica no país. Dentro do setor residencial é possível observar na Figura 2 que os maiores consumos se destinam a refrigeradores (18%), chuveiro (18%), lâmpadas (16%), televisão (13%) e ar condicionado (8%). Vale ressaltar que os valores presentes na figura 2 podem variar entre regiões do país devido a aspectos climáticos e até mesmo socioculturais (SANTOS, 2009).

Figura 1 - Utilização da Energia Elétrica no Brasil



Fonte: Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional) - EPE, 2014)

Figura 2 - Consumo de Energia Elétrica Residencial por Equipamento em 2012.



Fonte: Estimativa EPE (2013)

Ao analisar o segundo gráfico, observa-se que a geladeira e o ar condicionado são equipamentos que possuem uma forte influência no consumo residencial brasileiro, onde juntos correspondem a 26% do consumo de uma residência, devido a este fator esses dois aparelhos foram escolhidos para serem analisados a fim de propor uma redução no consumo através de controle do carregamento.

### 2.3 Refrigerador

Acredita-se que a invenção mais próxima do que se tem hoje como geladeira para fins domésticos datam de meados do século XIX. Ela surgiu da necessidade de se armazenar alimentos por períodos maiores de tempo, nos primórdios de sua criação o seu funcionamento baseava-se em armazenar gelo do inverno para ser utilizado no verão (SALVADOR, 2013).

Segundo pesquisas da Eletrobrás (2007) o refrigerador é o eletrodoméstico mais presente no ambiente residencial, abrangendo aproximadamente 96% das residências, em complemento a pesquisa observa-se que o número de refrigeradores no país apresentam uma média ligeiramente superior a 1 unidade por residência, ou seja, algo como 60 milhões de equipamentos ligados a rede elétrica, e apresentando vendas anuais atingindo 5 milhões de unidades (FUPAI, 2007).

A classe residencial foi responsável pelo consumo de aproximadamente 132.301 GWh em 2014, o que corresponde a 27,8% do consumo total de energia do Brasil. Conforme

constatado anteriormente o consumo dos refrigeradores correspondem a 18% dos gastos com energia de uma residência, isso equivale a um consumo de cerca de 23.814 GWh/ano representando assim consumo total de um mês da região Centro-Oeste e Sudeste (EPE, 2014).

Embora atualmente haja um aumento da eficiência do consumo energético de refrigeradores disponíveis no mercado, o que é comprovado pelo selo PROCEL, ainda é muito comum encontrar nos domicílios brasileiros muitos equipamentos antigos com tecnologias ineficientes. Estima-se que a participação de refrigeradores com idade superior a 15 anos no estoque em uso seja de aproximadamente 12%. Isso representa um prolongamento da utilização de equipamentos de tecnologias ineficientes e com eficiência degradada. Esses equipamentos antigos possuem um consumo até cinco vezes superior aos equipamentos novos com classificação (A) do selo PROCEL. Desta forma, observa-se a importância de buscas de alternativas para redução do consumo energético de refrigeradores domésticos no Brasil, não se resumindo apenas a troca de equipamentos (ALMEIDA et al., 2012).

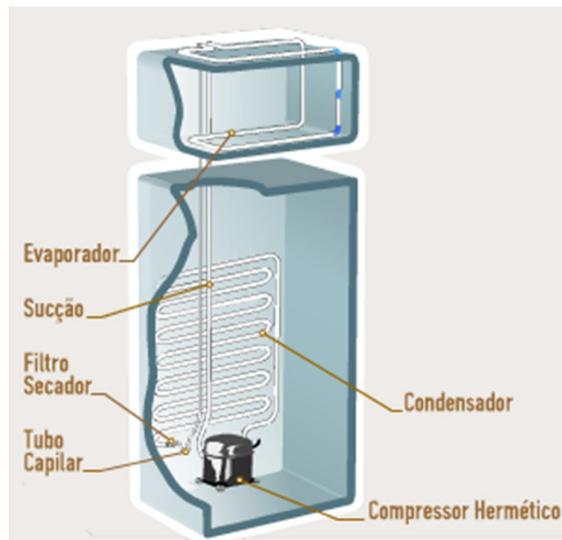
## **2.4 Ciclo de refrigeração**

Existem atualmente vários tipos de sistemas de refrigeração mecânica. Eles possuem uma vasta variedade de tamanhos, formas, usos e arranjos dos componentes. Com tudo, como os princípios da refrigeração mecânica e os componentes essenciais são os mesmos para essa variedade, independentemente do tamanho do sistema, consegue-se compreender a refrigeração estudando o que existe de comum, o ciclo de refrigeração. Adquirindo esses conhecimentos fica muito mais fácil observar os detalhes que diferenciam um sistema do outro (SANTOS, 2009).

O sistema básico de refrigeração é formado por alguns componentes, sendo os mais comuns aos mais diversos tipos de sistemas frigoríficos conhecidos como: compressor, condensador, filtro secador, elemento de expansão (tubo capilar), evaporador e linha de sucção. (SANTOS, 2009).

O fenômeno da refrigeração em um sistema frigorífico é resultado das transformações físicas sofridas pelo fluido refrigerante durante seu percurso pelo circuito de refrigeração, conforme se pode observar na Figura 3.

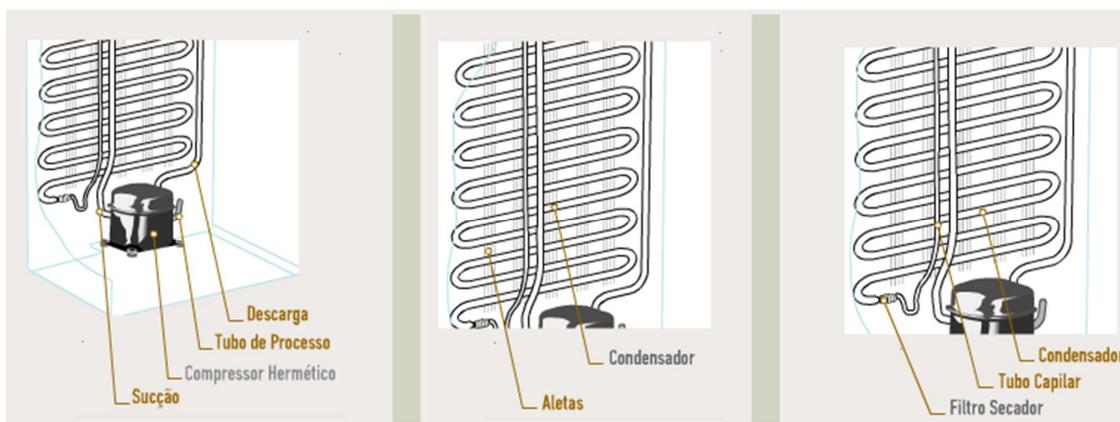
Figura 3 – Circuito de refrigeração



Fonte: Tecumseh (2015, p. 2)

Segundo Santos (2009) a principal função do compressor é succionar o fluido refrigerante a baixa pressão da linha de sucção e comprimi-lo em direção ao condensador a alta pressão e alta temperatura na fase gasosa (vapor super aquecido). Através do condensador e suas aletas, o fluido refrigerante proveniente do compressor a alta pressão e alta temperatura, efetua a troca térmica com o ambiente externo, liberando o calor absorvido no evaporador e no processo de compressão. Já o filtro secador tem duas funções importantes, uma delas é reter partículas sólidas que em circulação no circuito, podem ocasionar obstrução ou danos às partes mecânicas do compressor. A outra é absorver totalmente a umidade residual do circuito que porventura não tenha sido removida pelo processo de vácuo, evitando danos ao sistema, tais como: formação de ácidos, corrosão, aumento das pressões e obstrução do tubo capilar por congelamento da umidade. Estes componentes podem ser vistos claramente na figura 4.

Figura 4 – Compressor, Condensador e Filtro Secador



Fonte: Tecumseh (2009, p. 3, 4 e 5)

O tubo capilar é feito de cobre com diâmetro reduzido que tem como função receber o fluido refrigerante sub-resfriado a alta pressão proveniente do condensador e promover perda de carga do fluido refrigerante separando os lados de alta e baixa pressão. O evaporador recebe o fluido refrigerante no estado líquido a baixa pressão e temperatura. Nesta condição, o fluido refrigerante evapora absorvendo o calor da superfície da tubulação do evaporador, ocorrendo à transformação de líquido sub-resfriado para a fase de vapor saturado a baixa pressão. Este efeito acarreta o abaixamento da temperatura do ambiente interno do refrigerador. O fluido refrigerante, após absorver o calor ao longo do percurso no evaporador, mudando totalmente do estado líquido para o gasoso, retorna ao compressor através da linha de sucção no estado de vapor super aquecido, a baixa pressão para ser succionado e comprimido pelo compressor, dando início ao novo ciclo de refrigeração (SANTOS, 2009).

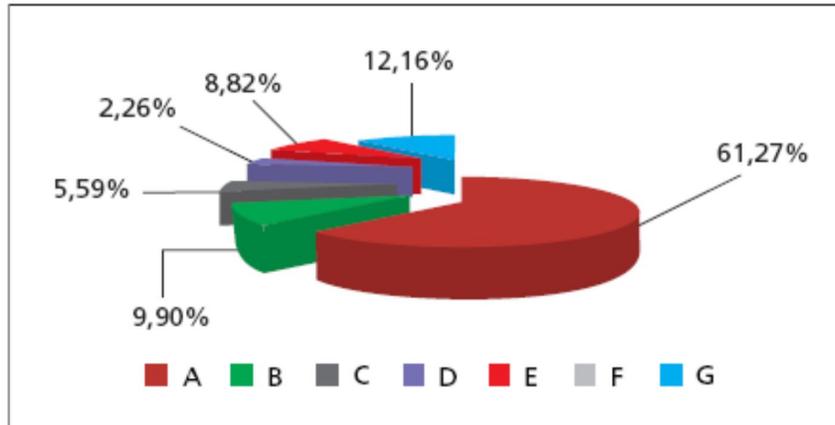
## 2.5 Tipos de refrigeradores

De acordo Santos (2009) o consumo médio do refrigerador (dos três tipos: uma porta, duas portas e *frost free*) é de 49 kWh/mês. Quando se observa o consumo médio por tipo, um refrigerador de uma porta consome 27 kWh/mês, um de duas portas consome 53 kWh/mês e um *frost free* tem um consumo médio de 57 kWh/mês (PROCEL, 2007).

Estudos apontam que a potência média do refrigerador (dos três tipos) é de 120W. Na Figura 5 pode-se observar a posse por faixa de eficiência. A posse média é de aproximadamente um refrigerador por residência no grupo IV (consumo mensal maior que

300 kWh) e, 61% destes têm etiqueta A e 12% têm etiqueta E. Sendo que o grupo IV é o que se adequa a residência onde foi desenvolvido o estudo de caso.

Figura 5 – Posse de refrigerador por tipo de faixa de eficiência – G4

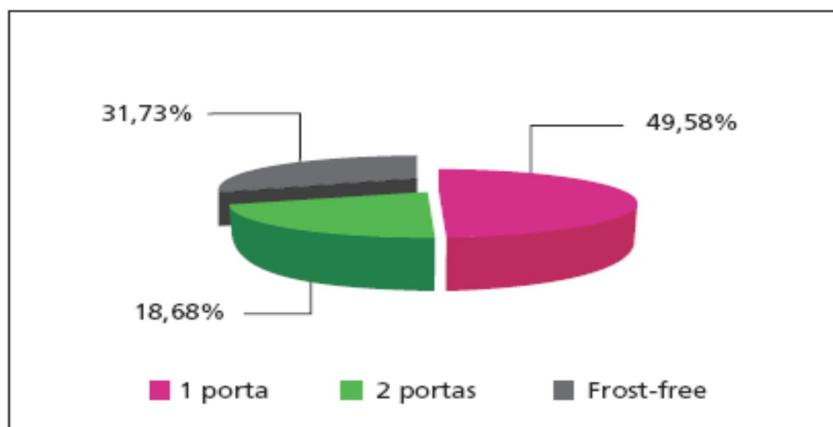


Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial - PROCEL (2007, p.66)

A participação do tipo de refrigerador no grupo IV, conforme a

6, revela uma maior predominância dos de uma porta, 50%, logo após vem a participação do *frost free*, 32%, e por último os de duas portas representando 19% do total neste grupo.

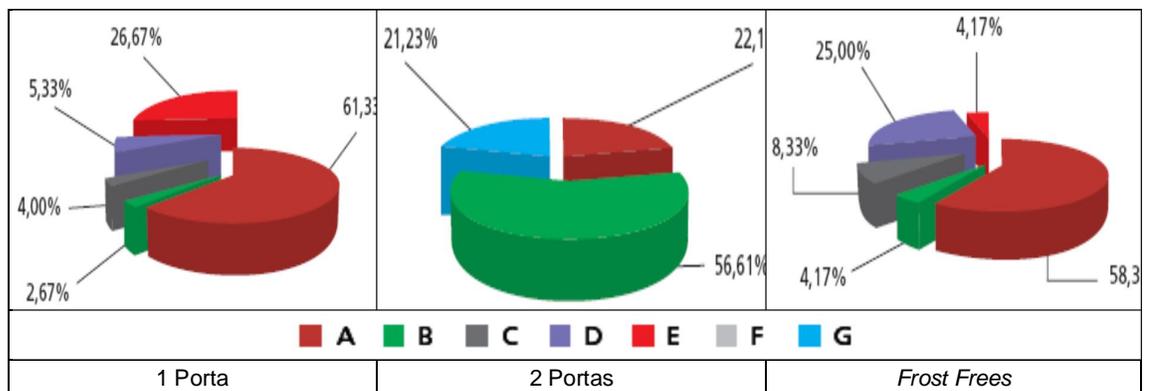
Figura 6 – Participação do tipo de refrigerador em relação ao total de refrigeradores existentes – G4



Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial - PROCEL (2007, p. 67)

Reunindo as informações dos tipos de faixa de eficiência e tipos para as residências do grupo IV, pode-se ver na Figura 7 que grande parte dos refrigeradores de uma porta, 61% têm faixa A e 27% E. Os de duas portas têm B (57%) e G (21%). E os *frost frees* têm A (58%) e D (25%).

Figura 7 –Participação do tipo de faixa de eficiência do refrigerador em relação aos tipos de refrigeradores -G IV



Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial - PROCEL (2007, p. 67 e 68)

Todas essas informações permitem avaliar que os consumidores residenciais de modo geral ainda têm dificuldades na melhor escolha do produto que irá trazer o maior custo benefício através de sua eficiência energética.

## 2.6 Climatização

Os sistemas de ar condicionado são utilizados para manter os níveis de umidade e temperatura de um ambiente, de modo a garantir um conforto dos ocupantes ou garantir o adequado funcionamento de um processo produtivo (MARQUES, 2007).

Segundo estimativa da EPE (2013) o uso de ar condicionado representa cerca de 8% do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro, equipamento este que cada vez vem ganhando espaço nas residências brasileiras. Devido a isso devem ser adotadas muitas políticas de instalação no intuito de garantir um uso mais eficiente deste equipamento, a

exemplo da análise da eficiência do equipamento, do ambiente de instalação e ainda as condições em que o ar condicionado irá funcionar (SANTOS, 2009).

Para Marques (2007) existem vários aspectos a ser considerados na redução do consumo de energia nas instalações de ar condicionado, de modo geral pode-se citar:

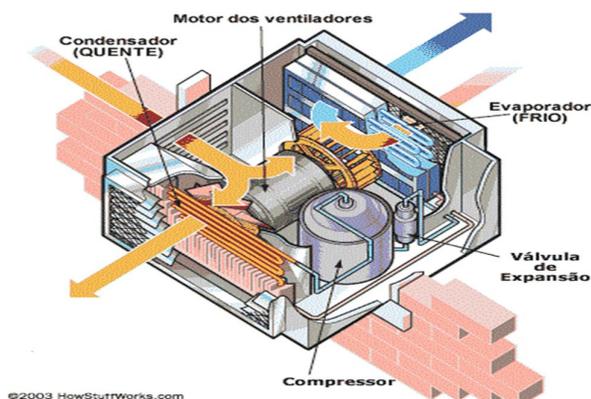
- a) Seleção de sistemas e componentes que propiciem instalações energeticamente eficientes e econômicas;
- b) Fornecimento adequado da quantidade de ar externo para renovação, prezando pela qualidade interna do ar (QAI);
- c) Preferir equipamentos com baixa relação entre o efeito frigorífico (capacidade do condicionador) e a potência requerida do compressor (kW/TR);
- d) Controle e monitoramento efetivo das condições internas do ambiente, mantendo a umidade e temperatura dentro dos limites requeridos (MARQUES, 2007).

Vale salientar que o consumo do ar condicionado é influenciado pelo desempenho térmico do ambiente como a localização, radiação solar, características térmicas do material empregado no ambiente entre outros. Esses fatores permitem observar que a eficiência do ar condicionado não depende apenas do aparelho, mas também do ambiente no qual o mesmo irá ser utilizado (MORAES, 2013).

## 2.7 Ciclo de climatização

Para Brain (2015) o sistema de refrigeração é composto basicamente por um compressor, uma válvula de expansão, um evaporador, um condensador, uma unidade de controle e dois ventiladores, conforme figura 8 a seguir:

Figura 8 – Componentes de um ar condicionado

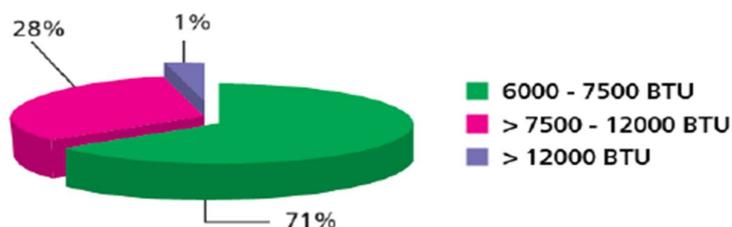


Fonte: Brain (2015)

Em termos gerais podemos classificar o ar condicionado como uma geladeira sem o seu gabinete e com um ciclo de refrigeração idêntico. No início do processo o compressor comprime o gás frio, o tornando em um gás quente com alta pressão. Esse gás aquecido percorre um trocador de calor para eliminar o calor e se condensa no estado líquido. Após esse processo o líquido escoar pela válvula de expansão vaporizando-se e tornando-se em um gás frio de baixa pressão. Por fim esse gás frio percorre o trocador de calor permitindo que o gás absorva calor e resfrie o ar do ambiente (BRAIN, 2015).

É possível avaliar a potência de refrigeração do ar condicionado através da unidade BTU, a qual informa a energia necessária para elevar a temperatura do ambiente, o qual deve estar adequado para a potência do equipamento, promovendo assim seu funcionamento adequado. Na figura 9 é possível observar a posse média de ar condicionado de todas as classes de consumo, note que a faixa de 6000-7500 BTU corresponde a 71% dos equipamentos.

Figura 9 – Posse dos aparelhos de ar condicionado de acordo seu condicionamento térmico.



Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL (2009)

### 3 ESTUDO DE CASO

No intuito de realizar o estudo, foram coletados dados amostrais das grandezas elétricas: tensão, corrente, potências (ativa e reativa) e fator de potência, utilizados pela geladeira e ar condicionado estudados.

Para análise utilizou-se como equipamento específico o analisador de energia RE 2000 da Embrasul o qual coletou as medições das grandezas elétricas citadas anteriormente. Essas medições foram armazenadas de 5 em 5 minutos integralizada, que é uma das opções disponíveis no equipamento, de forma contínua para cada tipo de carregamento em regime de

24 horas no caso da geladeira e de 8 horas no caso do ar condicionado. Além disso, buscou-se replicar as mesmas condições de uso dos equipamentos ao variar seu carregamento.

Realizada a medição, utilizou-se o programa Anawin, da Embrasul, para extrair os valores necessários para o projeto. Com os dados em mãos iniciou-se o processo de análises dos equipamentos em questão. Na figura 10 é possível visualizar o analisador de energia utilizado no trabalho.

Figura 10 – Analisador de Energia RE 2000



Fonte: Própria

### 3.1 Medições das Geladeiras

O primeiro equipamento a ser analisado, foi uma geladeira *frost free* de marca GE (*General Eletric*) adquirida no ano de 2013, a mesma está localizada num cômodo com área aproximada de 6,59 m<sup>2</sup>. O cômodo situa-se em posição nascente, com uma boa ventilação e não há incidência direta de luz solar sobre o equipamento em nenhuma parte do dia.

As medições se iniciaram as 17 horas do dia 20 de outubro de 2015 e se estenderam até as 00 horas do dia 24 de outubro de 2015. O estado inicial a ser analisado foi com o termostato em posição média, que representa a forma como o aparelho foi encontrado no início da medição. Após 24 horas de medições variou-se o termostato para posição mínima e depois de período idêntico ao anterior variou-se para a potência máxima. Na figura 11 é possível visualizar o equipamento juntamente com o analisador.

Figura 11 – Geladeira e analisador de Energia RE 2000



Fonte: Própria

Na tabela 1 a seguir é possível verificar os dados de placa disponíveis no equipamento analisado.

Tabela 1 – Dados do equipamento

Dados do Equipamento	
Modelo	RFGE465
Volume Total	403 L
Volume do Refrigerador	314 L
Volume do congelador	89 L
Capacidade de Congelamento	6.0 Kg/24h
Tensão	127 V
Corrente	1,7 A
Potência	140 W
Classificação Energética	A
Consumo	55 kWh

Fonte: Placa disponível no equipamento

No dia 21 de outubro das 21:15 às 21:10 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado no carregamento mínimo, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 1,52 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 45,46 kWh.

Observa-se que o equipamento realiza desligamentos ordenados durante o decorrer do período com durações de aproximadamente 15 minutos, conforme pode-se analisar na figura 12.

Figura 12 – Medição da potência da geladeira no carregamento mínimo



Fonte: Própria

No dia 20 de outubro das 21:15 às 21:10 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado no carregamento médio, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 2,22 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 66,68 kWh.

Na figura 13 tem-se o comportamento da potência no decorrer do período, observa-se que o equipamento passa uma parte do dia com o compressor ligado na maioria do tempo e na outra parte do dia realiza desligamentos ordenados com durações de aproximadamente 10 minutos.

Figura 13 – Medição da potência da geladeira no carregamento médio.



Fonte: Própria

No dia 22 de outubro das 21:15 às 21:10 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado no carregamento máximo, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 2,65 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 79,39 kWh. Nota-se que a partir do carregamento médio o consumo apresentado nas medições é maior que o encontrado na etiqueta Procel do aparelho que indica um consumo de 55 kWh.

Na figura 14 tem-se o comportamento da potência no decorrer do dia, observa-se que o equipamento passa praticamente todo o período analisado com o compressor em

funcionamento desligando poucas vezes apenas o que evidência um aumento do consumo de energia.

Figura 14 – Medição da potência da geladeira no carregamento máximo.



Fonte: Própria

Na tabela 2 abaixo é possível observar o consumo de cada carregamento. Nota-se que a medida que se aumenta o carregamento o consumo também aumenta.

Tabela 2 – Consumo do equipamento

Consumo			
Equipamento	Carregamento	Consumo Diário (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
Geladeira <i>Frost Free</i>	Mínimo	1,52	45,46
	Médio	2,22	66,58
	Máximo	2,65	79,39

Fonte: Própria

### 3.2 Medição do Ar condicionado

O segundo equipamento a ser analisado, foi um ar condicionado *split* de marca *Eletrolux* adquirida no ano de 2008, o mesmo está localizada em um cômodo com área aproximada de 7,67 m<sup>2</sup>. O cômodo situa-se em posição nascente, com uma boa ventilação e adequado para o equipamento que foi projetado para uma área de até 9 m<sup>2</sup> segundo fabricante.

As medições se iniciaram sempre das 22:30 às 06:30 horas dos dias 28, 29 e 30 de outubro de 2015, começando com o equipamento com seu termostato em 17° C no primeiro dia, 21° C no segundo dia e 25° C no terceiro dia. Em todos os dias foram coletados dados no período de 8 horas com intervalos de 5 em 5 minutos. Na figura 15 é possível visualizar o

equipamento analisado e o analisador que foi instalado no lado de 127 V do transformador, o qual eleva a tensão para 220 V propiciando o funcionamento do aparelho.

Figura 15 – Ar condicionado e analisador de Energia RE 2000



Fonte: Própria

Na tabela 3 a seguir é possível verificar os dados de placa disponíveis no equipamento analisado. Vale ressaltar que o consumo especificado na placa se refere a 1 hora de uso por dia no mês.

Tabela 3 – Dados do equipamento

<b>Dados do Equipamento</b>	
<b>Modelo</b>	<b>SI07F</b>
<b>Capacidade de Refrigeração</b>	<b>2050 W / 7000 BTU/h</b>
<b>Tensão</b>	<b>220 V</b>
<b>Corrente</b>	<b>3,0 A</b>
<b>Potência</b>	<b>679 W</b>
<b>Classificação Energética</b>	<b>A</b>
<b>Consumo</b>	<b>14,3 kWh</b>
<b>Eficiência Energética (W/W)</b>	<b>3,02</b>

Fonte: Placa disponível no equipamento

No dia 30 de outubro das 22:30 às 06:30 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado na temperatura de 25° C, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 2,02 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 60,54 kWh.

Observa-se que o equipamento realiza seu funcionamento abaixo da potência nominal e com uma curva com comportamento bem semelhante durante todo o seu funcionamento, conforme figura 16.

Figura 16 – Medição da potência do ar condicionado na temperatura de 25° C



Fonte: Própria

No dia 29 de outubro das 22:30 às 06:30 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado na temperatura de 21° C, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 4,91 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 147,31 kWh.

Observa-se que o equipamento trabalha inicialmente em torno da potência nominal e depois entra em um ciclo de alternância de potências com comportamento parecido até o fim do seu funcionamento, conforme figura 17.

Figura 17 – Medição da potência do ar condicionado na temperatura de 21° C

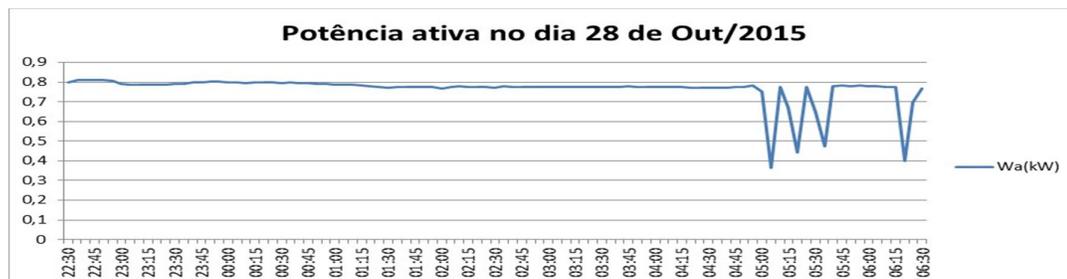


Fonte: Própria

No dia 28 de outubro das 22:30 às 06:30 horas do dia subsequente, com o equipamento posicionado na temperatura de 17° C, encontrou-se a partir da potência ativa medida um consumo médio diário de aproximadamente 6,17 kWh por dia, representando um consumo mensal estimado de 185,25 kWh. Nota-se que a partir do carregamento médio o consumo apresentado nas medições é maior que o encontrado na etiqueta Procel do aparelho que para 8 horas de uso diário por mês indica um consumo de 114,4 kWh.

Observa-se que o equipamento trabalha em torno da potência nominal praticamente em todo seu funcionamento fazendo apenas algumas variações na potência próximo ao fim do seu funcionamento, conforme figura 18.

Figura 18 – Medição da potência do ar condicionado na temperatura de 17° C



Fonte: Própria

Na tabela 4 é possível observar o consumo de cada carregamento. Nota-se que a medida que se aumenta o carregamento o consumo também aumenta.

Tabela 4 – Consumo do equipamento

Consumo			
Equipamento	Carregamento	Consumo Diário (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
Ar condicionado	25° C	2,02	60,54
	21° C	4,91	147,31
	17° C	6,17	185,25

Fonte: Própria

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com esse trabalho, pode-se analisar o perfil de consumo de eletrodomésticos variando-se o seu carregamento. Na tabela 5 é possível observar o consumo mensal de cada equipamento a depender do seu nível de carregamento, o potencial de redução de consumo em relação a potência máxima, além dos valores em reais mensais e anuais de cada carregamento e a economia anual adquirida em não se usar a potência máxima de forma desnecessária. Utilizou-se para o cálculo o valor do kWh para consumidores residências do grupo B1 da distribuidora Coelba sem adição de tributos e impostos, a qual segundo o ANEEL equivale a 0,38836 R\$/kWh.

Tabela 5 – Consumo dos equipamentos

Consumo dos equipamentos						
Equipamento	Carregamento	Consumo Mensal (kWh)	Percentual de Redução (%)	Valor Mensal (R\$)	Valor Anual (R\$)	Economia Anual (R\$)
Geladeira Frost Free	Mínimo	45,46	42,74	17,65	211,86	158,12
	Médio	66,58	16,14	25,86	310,28	59,70
	Máximo	79,39	-	30,83	369,98	-
Ar condicionado	25° C	60,54	67,32	23,51	282,14	581,19
	21° C	147,31	20,48	57,21	686,51	176,81
	17° C	185,25	-	71,94	863,32	-

Fonte: Própria

Ao analisar a tabela, torna-se evidente o aumento do consumo a medida que aumentamos o seu nível de carregamento. Segundo informações da Coelba existem atualmente 4.927.000 consumidores residenciais conectados ao sistema, se ao menos 1% dos consumidores fizessem a troca do carregamento da geladeira *frost free* para o médio ao invés do máximo teríamos uma economia de aproximadamente 631,148 MWh/mês, e se fosse possível fazer a troca para mínimo no lugar do máximo essa redução poderia chegar a aproximadamente 1,671 GWh/mês. Dessa forma cabe ao consumidor avaliar a necessidade do carregamento de cada equipamento, evitando consumo desnecessário e conquistando uma redução em sua conta de energia com uma medida simples e sem custo adicional nenhum para o consumidor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado tornou-se possível adquirir conhecimentos sobre os aspectos de funcionamento de cada equipamento variando-se o seu nível de carregamento, análise está até então pouco conhecida entre o meio acadêmico. Além disso, foi possível identificar uma diferença significativa de consumo que podem resultar em uma economia financeira bastante significativa para o consumidor residencial.

Um aspecto que chamou bastante a atenção, foi o fato dos dois equipamentos a partir do carregamento médio apresentarem um consumo superior ao indicado pela etiqueta do Procel. Embora não se conheça exatamente a forma como os equipamentos foram submetidos as análises pelo mesmo, esses dados apresentados no artigo podem indicar imprecisões nas informações passadas pelo programa que merecem ser melhor avaliadas futuramente.

Como proposta para futuros trabalhos, pretende-se aumentar o número e tipos de eletrodomésticos analisados, observando se todos seguem uma mesma tendência de consumo em função do seu nível de carregamento ou se isso pode mudar a depender do tipo de equipamento.

Por fim, por meio desse trabalho, espera-se poder contribuir para um uso mais eficiente da energia elétrica, reduzindo desperdícios desnecessários através de uma medida simples que necessita apenas de uma observação do consumidor quanto ao nível de carregamento adequado para o seu equipamento, trazendo desta forma benefícios não só ambientais como também para o bolso do consumidor.

## **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, I. M. G. et al. Aparato experimental para avaliação termo-energética de refrigerador doméstico. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Tocantins. **Anais...** Tocantins, 2012

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Residenciais**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

BEZERRA, D. B. **Análise do potencial de conservação de energia elétrica do centro de tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro: sistemas de iluminação e ar condicionado**. 2008. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BRAIN, M. **Como funciona o ar condicionado**. Disponível em: < <http://casa.hsw.uol.com.br/ar-condicionado.htm>>. Acesso em: 14 out. 2015.

ELETROBRÁS/PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: < <http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>> Acesso em: 09 set. 2015.

EPE – Empresa de pesquisa energetica. **Consumo mensal de energia eletrica por classe**. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica%20por%20classe\(regi%C3%B5es%20e%20subsistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9trica%20por%20classe(regi%C3%B5es%20e%20subsistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>. Acesso em 08/09/2015.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC; 2009.

FUPAI - Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria. **Avaliação de Resultados do Programa Selo Procel de Economia de Energia - Refrigeradores e Freezers**. Itajubá: Centro de Excelência em Eficiência Energética - Excen, 2007.

INEE. **O que é eficiência energética.** Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia)>. Acesso em: 31 ago. 2015.

MACHADO, A. T. et al. Análise e gerenciamento de curva de carga visando a eficiência energética – estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 2011, Blumenau. **Anais...** Blumenau, 2011.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E. C. **Eficiência Energética: Teoria e Prática.** Itajubá, MG : FUPAI, 2007.

MARQUES, Milton César Silva; HADDAD, Jamil; GUARDIA, Eduardo Crestana (Coord.). **Eficiência energética: teoria & prática.** Itajuba, MG: FUPAI, 2007. 224 p.

MARQUES, Milton; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramon Silva (Coord). **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos.** Itajuba, MG: FUPAI, 2001. 467 p.

MENDES. F. **Eletricidade Básica.** Escola técnica aberta do Brasil. Cuiabá, 2010.

MORAES, C. S. Tese: Mestrado. **Análise de medidas para eficientização e uso racional da energia elétrica em condicionadores de ar .** Universidade Federal de Mato Grosso, 2013. [noticias\\_in&idNoticia=61](http://www.ufmt.br/noticias_in&idNoticia=61)>. Acesso em: 14/10/2015.

PANESI, A. R. Q. **Fundamentos da Eficiência Energética (Industrial, Comercial e Residencial).** Editora: Ensino Profissional, 2006.

PORTAL DA REFRIGERAÇÃO. **Ciclo de refrigeração** – Animação desenvolvida pela empresa Tecumseh. Disponível em : <<http://www.refrigeracaounifrio.com.br/?sessao>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PROCEL – **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

PROCEL. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética: Relatório Residencial Brasil.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)>. Acesso em: 29 set. 2015.

PROCEL. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)>. Acesso em: 09 set. 2015.

RODRIGUES, M. C. B. P. **Eficiência energética no setor residencial**. 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente) - Universidade de Coimbra, 2011.

SALVADOR, E. **Eficiência Energética em Refrigeradores**. 2013. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia de Energia) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2013.

SANTOS, L. T. S. **Estudo do potencial de conservação de energia em ambiente residencial**. Universidade Salvador. UNIFACS, 2009.