

JOÃO FILIPE MONTOURO STORARRI

**Estudo de impacto de ações de eficiência energética em
instalações elétricas residenciais**

João Filipe Montouro Storarri

Estudo de impacto de ações de eficiência energética em instalações elétricas residenciais

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

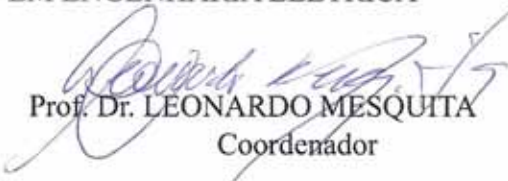
Orientador (a): Daniel Julien B. da S. Sampaio

S884e	Storarri, João Filipe Montouro Estudo de impacto de ações de eficiência energética em instalações elétricas residenciais / João Filipe Montouro Storarri – Guaratinguetá : [s.n], 2014. 39 f. : il. Bibliografia : f. 39 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio 1. Sustentabilidade 2. Energia elétrica – conservação I. Título CDU 504
-------	--

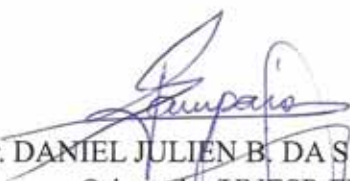
João Filipe Montouro Storarri

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA"

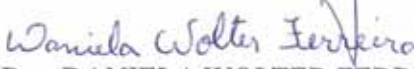
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA


Prof. Dr. LEONARDO MESQUITA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. DANIEL JULIEN B. DA S. SAMPAIO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. OSCAR ARMANDO M. ASTORGA
UNESP-FEG


Profa. Dra. DANIELA WOLTER FERREIRA
UNESP-FEG

Novembro de 2014

DADOS CURRICULARES

João Filipe Montouro Storarri

NASCIMENTO	23.04.1991 – JUNDIAÍ / SP
FILIAÇÃO	João José Storarri Solange Aparecida Montouro Storarri
2009/2014	Curso de Graduação Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho ao meu pai João José Storrarri e a minha mãe Solange Montouro Storrarri pela dedicação em me educar e pela maneira incrível que me ensinaram a ver o mundo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãs que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao professor *Daniel Sampaio* pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constante.

"Your time is limited. Don't waste it living someone else's life"

Steve Jobs

STORARRI, J. F. M., **Estudo de impacto de ações de eficiência energética em instalações elétricas residenciais**, 2014. 39 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Neste trabalho aborda-se métodos de se diminuir o consumo de energia elétrica residencial por meio de medidas tanto construtivas como de substituição de equipamentos. Analisando seus impactos a nível residencial e nacional baseado em dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Projeto residencial, Eficiência energética.

STORARRI, J. F. M., **Impact analysis of energy efficiency actions on residential electrical installations**. 2014. 39 p. Graduate work (Graduate in Electric Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

This paper addresses methods of reducing the electric energy consumption on residences by the means of constructive measures and replacement of electric devices. Analyzing their impacts on residential and national level based on data issued by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) and PROCEL (National Program for Electricity Conservation).

KEYWORDS: Sustainability, Residential project, Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil.....	16
Figura 2 - Análise solar do centro de pesquisa da NASA em Ames no Ecotect®.....	17
Figura 3 - Influência da vegetação na ventilação natural	18
Figura 4 - Cobertura verde na cobertura da prefeitura de Chicago, Illinois - EUA	19
Figura 5 - Funcionamento de uma prateleira de luz	20
Figura 6 - Integração (C) entre a luz natural (A) e luz artificial (B)	21
Figura 7 - Detalhes construtivos de um coletor solar de placa plana	22
Figura 8 - Selo Procel Eletrobrás (a) e Etiqueta do IMETRO/PROCEL (b)	23
Figura 9 - Comparação entre a posse média de lâmpadas nas regiões do Brasil	29
Figura 10 - Fonte utilizada para aquecimento de água	31
Figura 11 - Economia de energia decorrente as ações do PROCEL nos últimos 5 anos em bilhões de kWh	33
Figura 12 - Evolução do numero de usuários cadastrados no Portal	34
Figura 13 - Faixa de idade dos aparelhos refrigeradores	35
Figura 14 - Influencia do desequilíbrio de fases nas perdas internas de motores	36
Figura 15 - Influencia do desequilíbrio de fases no tempo de vida de motores	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aparelhos de ar condicionado e seus custos anuais	25
Tabela 2 - Substituição de lâmpadas para WCS	28
Tabela 3 - Número de residências por grandes regiões	29
Tabela 4 - Economia para a substituição de 50% das lâmpadas incandescentes	30
Tabela 5 - Economia para a substituição de 100% das lâmpadas incandescentes	30
Tabela 6 - Consumo de um chuveiro elétrico para uma família de 4 pessoas	32
Tabela 7 - Economia nacional para a substituição de 20% dos chuveiros elétricos	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
IMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EXCEN	Centro de Excelência em Eficiência Energética
WCS	Worst Case Scenario
BCG	Boston Consulting Group

LISTA DE SÍMBOLOS

a^*	corrente
A^*	área
m	metro
P^*	potência
t^*	tempo
h	hora
v^*	tensão
V	volt
W	watt
Wh	watt hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	14
1.2	Metodologia geral	15
2	ANALISE QUALITATIVA	16
2.1	Conforto térmico	16
2.2	Iluminação.....	19
2.3	Aquecimento de água.....	21
2.4	Equipamentos elétricos	23
2.5	Balanceamento de cargas	24
3	ANALISE QUANTITATIVA E DE VIABILIDADE	25
3.1	Conforto térmico	25
3.2	Iluminação.....	27
3.3	Aquecimento de água.....	31
3.4	Equipamentos elétricos	33
3.5	Balanceamento de cargas	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Novas soluções relacionadas a sustentabilidade energética são apresentadas por empresas do ramo de tecnologia e da construção civil a um passo tão acelerado que muitas vezes se tornam ultrapassadas em questão de meses e por causa desse dinamismo, é muito difícil se encontrar material de pesquisa e apoio que contemple e analise de forma sucinta as diversas soluções disponíveis, abordando a viabilidade técnica e econômica de cada solução.

A partir desta premissa, foi criado este trabalho com o objetivo de compilar uma série de medidas e soluções que quando aplicadas a construção civil, com um enfoque nas residências, acarretarão em um aumento da sustentabilidade elétrica da mesma e consequentemente, em uma diminuição da carga no sistema elétrico nacional caso aplicado em larga escala.

1.1 Justificativa

Em 2009 o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL estimou que ao se utilizar soluções e tecnologias energeticamente sustentáveis em edificações desde a concepção do projeto é possível se obter uma economia algumas vezes superior a 50% do consumo energético ao se comparar com uma edificação concebida sem uso dessas tecnologias. No último relatório de resultado apresentado pelo PROCEL em 2014 foi exposto que com as medidas do programa já foi atingido uma economia de 7,8% no consumo de energia elétrica em residências. Portanto, ainda existe muito espaço para a aplicação da grande gama de soluções que já existem e são consolidadas no mercado e que tem como maior dificuldade a divulgação e a capacidade de convencer as pessoas que elas são sim economicamente viáveis.

É exatamente neste ponto que este trabalho pretende contribuir. Reunir uma gama de soluções já consolidadas e algumas outras não muito conhecidas de uma forma a facilitar o contato com métodos de aumentar o nível de eficiência energética de uma residência e demonstrar os impactos que isso poderia causar em grande escala.

1.2 Metodologia geral

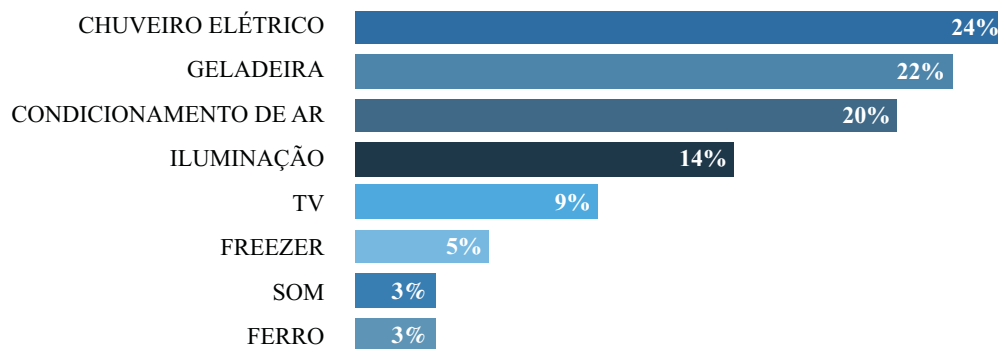
Para a elaboração desta compilação de soluções, métodos e tecnologias ser o mais eficiente e concisa o possível, o desenvolvimento deste projeto será feito em 3 etapas: uma análise qualitativa de todas as soluções que serão propostas, uma análise quantitativa de todas as soluções que esta for aplicável e possível de ser realizada e finalmente uma análise de viabilidade das soluções.

2 ANÁLISE QUALITATIVA

Segundo o trabalho realizado pela ELETROBRÁS PROCEL em 2005, aproximadamente 58% do consumo energético das residências do país é devido a *iluminação* (14%), *aquecimento de água* (24%) e *conforto térmico* (20%). E 42% do consumo energético residencial referente a utilização de *eletrodomésticos e eletrônicos* como geladeiras, freezers e televisores.

Tendo essas informações como base, as análises deste trabalho irão tratar de métodos que diminuam o consumo de energia destas categorias supracitadas além de citar algumas outras metodologias que tem como objetivo melhorar a qualidade da energia elétrica de uma região com ações locais.

Figura 1 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial no Brasil



Fonte: (ELETROBRÁS PROCEL, 2005).

3.1 Conforto térmico

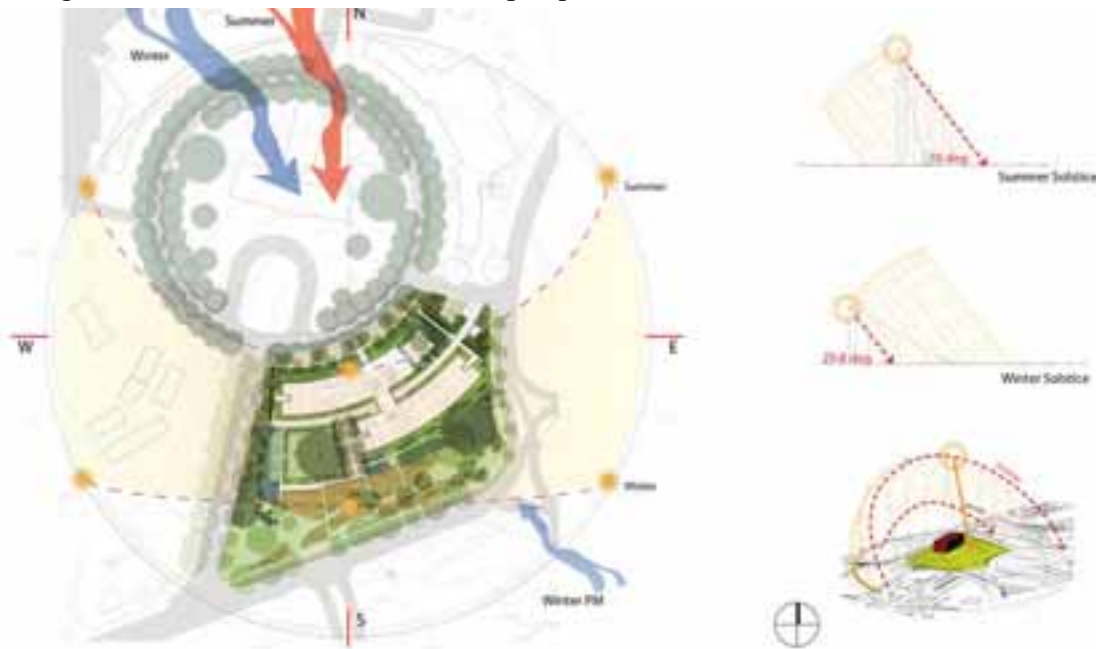
A utilização de ventiladores, aquecedores e aparelhos de ar condicionado, consequentemente uso exagerado de energia elétrica para a realização de trocas de calor, não são os únicos métodos eficientes para a obtenção de conforto térmico em ambientes fechados.

Desde a Grécia antiga, arquitetos empregavam técnicas para a obtenção de conforto térmico sem necessidade de gasto de energia, que na época era basicamente a combustão de madeira. Com o passar do tempo e com a evolução da arquitetura e da engenharia civil foram criadas diversas técnicas que se empregadas da maneira correta podem extinguir a necessidade da utilização de equipamentos como aquecedores e aparelhos de ar condicionado de quase todas as zonas bioclimáticas do país.

De maneira simplificada estas técnicas podem ser divididas em três categorias: proteção solar, ventilação natural e isolamento térmico e serão aprofundadas a seguir.

Proteção solar é uma técnica que visa que tem como objetivo controlar a incidência solar dentro de uma construção, dependendo da estação do ano, utilizando de proteções e recuos de janelas e portas. Não é uma técnica de fácil aplicação por depender de vários fatores como direção da abertura, latitude em que se encontra a residência e a variação da posição do sol durante o ano porém com a utilização de softwares como o Analysis-SOL-AR e o Analysis-BIO produzidos pelo Núcleo de Pesquisa em Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina ou o Autodesk® Ecotect® Analysis produzido e mantido pela Autodesk esta análise pode ser realizada de maneira muito mais eficiente do que se for realizada manualmente.

Figura 2 - Análise solar do centro de pesquisa da NASA em Ames no Ecotect®.

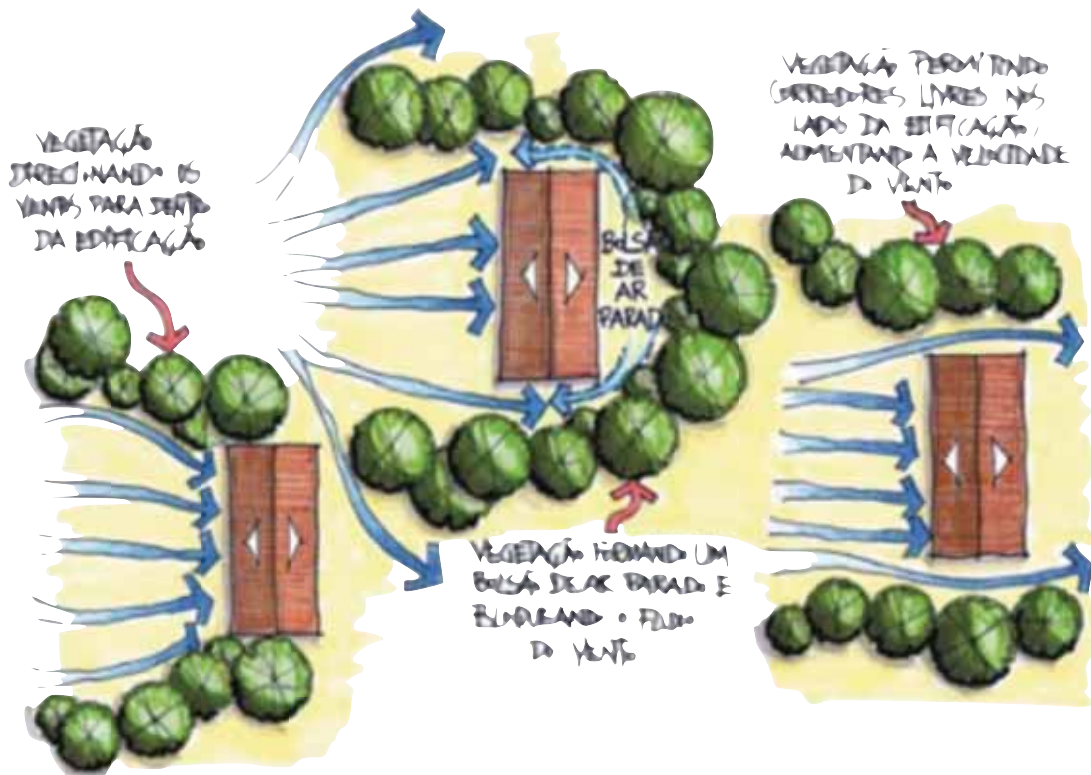


Fonte: (William McDonough + Partners, 2011).

Ventilação natural também é uma técnica de projeto que devido a necessidade da obtenção de dados muito específicos quanto a características morfoclimáticas da região é normalmente negligenciada por projetistas ou pelo menos não realizada de uma maneira buscando sua otimização. Pode ser considerada a segunda principal técnica para obtenção de conforto térmico sem a utilização de equipamentos elétricos no Brasil e é eficaz quando a

temperatura esta na faixa de 20°C e 32°C. O vento, assim como o sol, tem sua necessidade em uma estação, neste caso o verão e deve ser minimizado no inverno e para isso devem ser utilizadas técnicas envolvendo topografia, geometria das construções e muros e vegetação.

Figura 3 - Influência da vegetação na ventilação natural



Fonte: (Luciano Dutra, 2014)

Outras técnicas de ventilação natural é realizar a insuflação do vento noturno para dentro da construção *durante a noite* (no verão) para realizar o resfriamento e captadores de vento.

Isolamento térmico é a terceira principal técnica para a obtenção sustentável de conforto térmico e tem como objetivo fazer que a construção tenha uma maior inércia térmica e mantenha-se fresca durante o verão e aquecida durante o inverno. Para isso podem ser utilizadas várias técnicas como

- utilização materiais e composições na construção como tijolo maciço, câmaras de ar, alumínio polido e lã de rocha;
- utilizar da inércia térmica da crosta terrestre que tem uma forte tendência para se manter na mesma temperatura durante todo o ano e tendo partes subterrâneas da construção para tirar proveito disso.

- utilização de cobertura verde ao invés de um telhado e com isso pode melhorar as condições térmicas tanto no inverno como no verão. O conceito de cobertura verde consiste em substituir as coberturas artificiais dos edifícios por coberturas vivas. Entre os benefícios gerados pelo uso de coberturas verdes, podem ser citados: a absorção de até 80% da água da chuva, ajudando a reduzir problemas de inundação, redução das temperaturas urbanas, proteção das edificações dos raios UV e das mudanças bruscas de temperatura e contribuição para uma melhor qualidade do ar nas cidades.

Figura 4 - Cobertura verde na cobertura da prefeitura de Chicago, Illinois - EUA



Fonte: (Diane Cook, 2009)

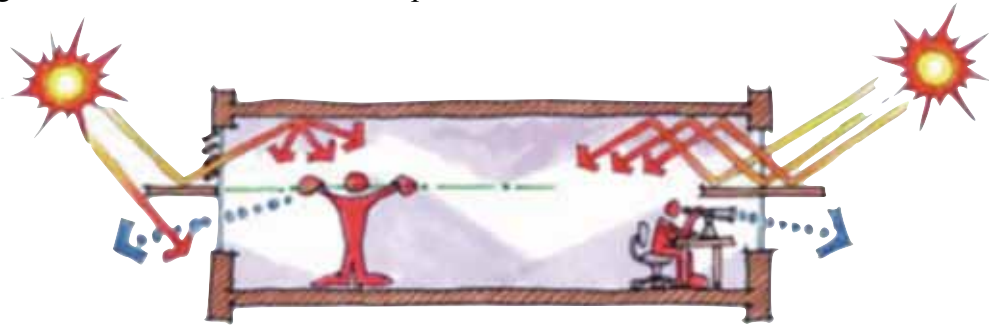
3.2 Iluminação

Aproximadamente 12% do consumo mensal residencial é referente a iluminação e, ao contrário do conforto térmico que em vários casos pode ter seu consumo elétrico completamente extinguido, não existe como extinguir completamente este consumo porém com um bom estudo nas etapas de projetos é possível otimizar a utilização da iluminação natural de maneira a se utilizar somente o mínimo necessário de iluminação artificial.

Para obter essa otimização podem ser utilizadas várias técnicas, entre elas: uso de prateleiras de luz, cores de paredes e piso, distribuição e posicionamento de janelas e entradas de luz, distribuição de luminárias, uso de lâmpadas eficientes e equipamentos de controle automático.

Uso de prateleiras de luz é uma técnica que pode ser utilizada para aumentar a penetração de luz em um cômodo em aproximadamente 33% (em profundidade), além de reduzir o ofuscamento gerado por uma janela. As prateleiras de luz podem ser elaboradas para dispersar a luz externa dentro do cômodo ou para focar ela em um único ponto do teto e tem seu funcionamento descrito na Figura 5.

Figura 5 - Funcionamento de uma prateleira de luz



Fonte: (Luciano Dutra, 2014)

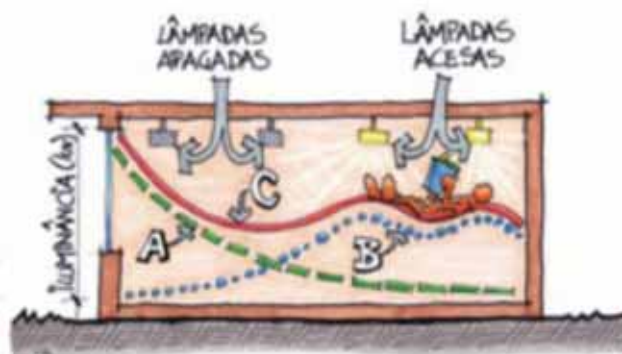
Cores de paredes e piso também são muito influentes na otimização da iluminação de um ambiente. Ao se utilizar cores claras nas paredes e tetos a irá ocorrer uma maior reflexão da luz no interior da sala o que acarreta em uma iluminação mais uniforme. Portanto não é somente um fator que eleva a quantidade de luz como um fator que eleva a qualidade da luz, assim como as *prateleiras de luz* citadas anteriormente.

Distribuição e posicionamento de janelas e entradas de luz é o principal método e deve ser estudado com muita cautela pois ele também influencia no conforto térmico do ambiente. Quanto maior as janelas maior a quantidade de luz obtida do meio externo mas também as trocas de calor (tanto ganho de temperatura como perda) e por este motivo que é recomendado que a área útil das janelas não excedam 20% da área útil de piso a não ser que seja necessário para algum outro fator ou esteja sendo utilizado algum tipo de vidro específico que reduza as trocas de calor.

Quanto a orientação de janelas e entradas de luz, o ideal é sempre as ter viradas para o **NORTE**, devido a incidência maior de luz solar direta e da facilidade de realizar o sombreamento da luz nessa direção; A segunda melhor orientação solar é a orientação **SUL** que possui uma menor quantidade de luz porem de uma ótima qualidade (luz branca e fria) e também é facilmente sombreada; As direções **LESTE** e **OESTE** devem ser evitadas por receberem uma maior incidência solar no verão.

A **distribuição de luminárias** deve ser feita de maneira complementar a iluminação natural disponível. Caso em um cômodo existam mais de uma luminária, é recomendado possibilitar o acionamento delas separadamente para que não ocorra o uso desnecessário das luminárias quando a iluminação natural já é suficiente para iluminar a área próxima à janela, por exemplo.

Figura 6 - Integração (C) entre a luz natural (A) e luz artificial (B)



Fonte: (Luciano Dutra, 2014)

O **uso de lâmpadas eficientes** é indispensável caso se tenha o objetivo de diminuir o consumo de energia de uma instalação. Novas tecnologias na área da iluminação artificial estão sendo apresentadas todos os anos e é de extrema importância se manter atualizado. As lâmpadas incandescentes, mesmo que agora proibidas de serem produzidas (lâmpadas incandescentes com mais de 61W) desde junho de 2014, ainda são maioria nas residências brasileiras e caso substituídas já causariam uma diminuição drástica na carga do sistema elétrico brasileiro além de que as novas tecnologias possuem um custo final (custo inicial + manutenção + consumo de energia) bem menor que as lâmpadas incandescentes.

Equipamentos de controle automático como *dimmers* e *sensores de luminosidade* podem auxiliar na redução do consumo de energia elétrica pois estes tem como função fornecer a quantidade necessária de luz onde e quando ela for necessária para se ter um conforto visual, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica.

3.3 Aquecimento de água

Chuveiros elétricos são responsáveis por aproximadamente 24% do consumo residencial e são muito utilizados por todo o país pelo fato de terem o menor custo de instalação de todas as soluções de aquecimento de água. Porém, existem outras opções de aquecimento de água que apresentam uma maior eficiência energética e a longo prazo apresentam um custo final bem menor que a utilização de métodos de aquecimento local e imediato. As principais opções para substituir um chuveiro elétrico são: *aquecimento central (elétrico ou a gás)* e utilização de *aquecimento solar* de água. Este último é a solução mais

sustentável de todas e é recomendada a sua utilização sempre que haja a possibilidade pois mesmo com seu custo inicial de instalação maior não haverá mais gastos com energia elétrica.

O **aquecimento central** não pode ser considerado com uma solução sustentável pois ainda apresenta um alto consumo de energia para realizar o aquecimento da água porém esta solução apresenta uma boa pressão de água e pode ser ativado fora do horário de ponta (19h) e ainda manter a água aquecida para o uso, assim, não sobrecarregando as concessionárias de energia elétrica.

O **aquecimento solar**, como já dito anteriormente pode ser uma solução inicialmente onerosa porém apresenta uma grande vantagem que é o custo zero para realizar o aquecimento de água. Mesmo sendo capaz de realizar todo o aquecimento de água de uma residência, caso instalado de maneira correta, é recomendável se ter um sistema reserva de aquecimento elétrico ou a gás junto ao reservatório de água do sistema de aquecimento solar.

Para se ter a maior eficiência deste sistema durante o inverno ele deve ser instalado de forma que esteja direcionado para o **NORTE** e que tenha uma angulação de dez graus a mais que a latitude em que se encontra a construção.

O funcionamento do sistema de aquecimento solar consiste em água passando por serpentinas dentro das placas que são cobertas com a cor preta para otimizar a absorção do calor e ainda coberta por uma camada de vidro que tem a função de proteção e de gerar um efeito estufa dentro da placa solar otimizando o aquecimento da água.

Figura 7 - Detalhes construtivos de um coletor solar de placa plana



Fonte: (UFSC/LabEEE, 2010)

A circulação da água pode ser feita por uma bomba mas não é recomendada pois assim haverá consumo de energia elétrica pelo sistema. O ideal é que o transporte de água seja por termossifão, ou seja, aproveitando que a água mais quente tem uma menor densidade e colocar o boiler em uma altura maior do que das placas solares. Assim não haverá nenhum consumo de energia no aquecimento nem no transporte da água.

3.4 Equipamentos elétricos

A escolha de equipamentos elétricos eficientes tem um importante papel no consumo energético final de uma residência. Como foi citado anteriormente, aproximadamente 42% do consumo de energia elétrica de uma residência é referente a eletrodomésticos e eletrônicos, ou seja, eles possuem um importante papel no quadro geral de consumo.

É importante notar que não é necessário ter nenhum conhecimento técnico sobre equipamentos elétricos para selecionar os equipamentos mais econômicos, com a implementação do Selo Procel Eletrobrás em 1993 o consumidor final pode facilmente identificar equipamentos eficientes ao localizar o selo da Procel Eletrobrás como o representado na Figura 8 junto de uma etiqueta do IMETRO/PROCEL. Tanto o IMETRO como o Procel possuem seus laboratórios onde os equipamentos elétricos são testados e categorizados. Após essa análise é criada uma etiqueta para cada modelo que pode ser facilmente entendida pelo consumidor pois classifica os equipamentos em uma escala de “A” a “E” sendo os equipamentos classificados com nota “A” os mais eficientes e os com nota “E” os que consomem mais energia elétrica.

Figura 8 - Selo Procel Eletrobrás (a) e Etiqueta do IMETRO/PROCEL (b)



Fonte: (Luciano Dutra, 2014 e IMETRO/PROCEL, 2014)

Em 2013 este selo foi concedido a 36 categorias de equipamentos, entre elas refrigeradores, televisores e máquinas de lavar, e foi responsável pela economia de 9,6 bilhões de kWh no ano, o que representa para os brasileiros uma economia de aproximadamente 4 bilhões de reais (considerando o custo médio da energia elétrica no país mais os impostos).

3.5 Balanceamento de cargas

O desequilíbrio de fases (ou desbalanceamento) tem uma grande influência na eficiência e tempo de vida de motores elétricos e por isso deve sempre ser considerado na elaboração de um projeto elétrico.

O desbalanceamento pode ter várias causas porém as mais frequentes em situações de baixa tensão para residências são:

- referentes a problemas em transformadores de rua, que podem apresentar curto circuitos nas suas espiras e com isso apresentarem tensões de saída alteradas. Estas anomalias são normalmente detectadas pelas empresas de distribuição de energia e vem sendo cada vez menos frequentes devido as rotinas de manutenção preventiva aplicada por elas.
- referente a cargas monofásicas não equilibradas entre as fases. Isso proporciona um consumo de corrente elétrica diferente entre as fases e com isso um desequilíbrio de tensão. Este desbalanceamento é facilmente evitado no momento que se realiza um projeto elétrico da residência onde deve ser considerado tanto as cargas de cada equipamento que será utilizado como quando estas cargas estarão de fato ligadas caso elas tenham um alto consumo elétrico (chuveiro elétrico, eletrodomésticos e iluminação).

4 ANALISE QUANTITATIVA E DE VIABILIDADE

4.1 Conforto térmico

A análise quantitativa das técnicas de obtenção de conforto térmico de maneira sustentável é relativamente complexa, pois esta depende de uma quantidade extensa de fatores que variam conforme a localização da habitação e de uma extensa série de cálculos referentes a termodinâmica. Porém existe algo que é relativamente simples de se calcular que é o consumo energético de um sistema de ar condicionado e assim, ao analisar este valor é possível observar a economia que será feita ao se adotar os métodos citados no item 3.1.

Segundo as estimativas de consumo médio mensal de eletrodomésticos elaborada pelo PROCEL, o uso médio diário de um aparelho de ar condicionado é de 8 horas. Se então for considerado o uso deste aparelho somente na metade mais quente do ano (primavera e verão) serão contabilizadas 1460 horas de uso por ano. Com isso é possível ser elaborada a Tabela 1 que contem os equipamentos de ar condicionado categorizados quanto a sua potência e tipo, a área média atendida, seu consumo de energia anual e o custo em reais tendo como referência o preço médio de energia elétrica do Brasil (R\$ 0,4166).

Tabela 1 - Aparelhos de ar condicionado e seus custos anuais

APARELHOS DE AR CONDICIONADO							
Janela menor que 9000 BTU	Janela de 9001 a 14000 BTU	Janela maior que 14001 BTU	Split menor que 10000 BTU	Split de 10001 a 15000 BTU	Split de 15001 a 20000 BTU	Split de 20001 a 30000 BTU	Split maior que 30001 BTU
6 m ²	17 m ²	29 m ²	6 m ²	19 m ²	27 m ²	40 m ²	52 m ²
784 kWh	1.105 kWh	2.275 kWh	866 kWh	1.179 kWh	1.787 kWh	2.672 kWh	4.132 kWh
R\$327/a	R\$460/a	R\$948/a	R\$361/a	R\$491/a	R\$744/a	R\$1.113/a	R\$1.721/a

Estes dados foram calculados segundo as seguintes fórmulas e recomendações feitas pelos fabricantes de aparelhos de ar condicionado:

$$\text{CONSUMO ANUAL} = \text{POTÊNCIA (kW)} \cdot \text{HORAS DE USO POR ANO (h/a)} \quad (1)$$

$$\text{CUSTO ANUAL} = \text{CONSUMO ANUAL} \cdot \text{PREÇO MÉDIO POR kWh (R$/kWh)} \quad (2)$$

Para a obtenção do tamanho médio de um cômodo referente a cada classificação de aparelhos de ar condicionado foi considerado a potência média da categoria, duas pessoas utilizando o cômodo e um equipamento elétrico dissipador de calor. Ao se observar as recomendações feitas pelos fabricantes de aparelhos de ar condicionado abaixo, é possível obter a equação (3) que define o tamanho médio do cômodo:

- Potência de 600 BTU por metro quadrado do cômodo;
- Adiciona-se 600 BTU para cada pessoa adicional que utiliza a sala;
- Adiciona-se 600 BTU para cada equipamento elétrico dissipador de calor.

$$A = (P_M - 600 \cdot N_P - 600 \cdot N_E)/600 \quad (3)$$

- A: área em m²;
- P_M: Potência média da classificação do aparelho em BTU;
- N_P: numero de pessoas adicionais;
- N_E: numero de equipamento elétrico dissipador de calor;

Para se ter uma visão de como isso afeta a rede elétrica de uma cidade será tomada como exemplo a cidade de Jundiaí que possui o segundo maior índice de desenvolvimento humano municipal entre as cidades com mais de 300 mil habitantes do estado de São Paulo. Segundo o Boston Consulting Group (BCG), uma empresa de consultoria, gestão e líder mundial em assessoria estratégica fundada em 1963, em uma matéria publicada no website da revista Exame em 24/07/2013, Jundiaí receberá até 2015 11.000 (3% da população atual) novas famílias provenientes das classes sociais A e B. Ao se analisar essa informação e supor que apenas 30% destas famílias venham a utilizar aparelhos de ar condicionado em suas residências, que é uma estimativa relativamente conservadora, será observado um aumento na carga no sistema elétrico de aproximadamente 4MW nas estações quentes. Este valor aproximado é referente somente ao que seria consumido por aparelhos de ar condicionado e com ele seria possível atender aproximadamente mais 1200 residências médias brasileiras definidas pelo PROCEL. Além disso, o uso dos aparelhos de ar condicionado fará essas novas famílias gastarem R\$2.810.000,00 por ano. Com isso é possível observar como a realização

de um projeto arquitetônico considerando a obtenção de conforto térmico sem a necessidade de aparelhos de ar condicionado pode tanto afetar os gastos da família como ter influência em um quadro ambiental mais global.

4.2 Iluminação

Como discutido anteriormente, equipamentos de iluminação são responsáveis por aproximadamente 12% do consumo mensal residencial no Brasil e este valor pode ser reduzido com a utilização de dois principais métodos, a substituição das lâmpadas por soluções mais eficientes e a otimização da iluminação natural.

A obtenção de um alto nível de eficiência energética de um sistema de iluminação é extremamente dependente da localização da residência porém como descrito anteriormente, tem o objetivo de manter a iluminação dos cômodos confortável durante o maior tempo possível e com isso diminuir o tempo em que é necessário utilizar de iluminação artificial.

A quantização referente a substituição das lâmpadas incandescentes por equipamentos mais eficientes será baseada em pesquisas realizadas pela Eletrobrás e pelo IBGE e com isso demonstrar como a substituição das lâmpadas da residência, que tem um retorno relativamente rápido, levam a uma economia no consumo elétrico mensal residencial não muito expressiva como a substituição de equipamentos de aquecimento de água. Porém em âmbito nacional podem ter efeitos extremamente significativos.

Segundo o estudo de **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso** da Eletrobrás, em média, uma residência brasileira possui oito lâmpadas sendo dessas 4 fluorescentes e 4 incandescentes. Porém, para estudar a substituição dessas lâmpadas será realizado o estudo no *worst case scenario* (WCS), ou estudo de pior caso, ou seja, estudar a troca em uma residência que tem as suas oito lâmpadas de tecnologia incandescente. A Tabela 2 foi montada de forma a mostrar o consumo das duas tecnologias de lâmpadas para esta residência do WCS e a economia gerada com a substituição das lâmpadas. Nele é possível verificar uma economia de 43 kWh (25%) por mês o que corresponde a aproximadamente R\$17,30 ao se considerar o preço médio da energia elétrica do país e que num período de um ano somará R \$297,36.

Com essa economia, é possível recuperar o investimento necessário para a substituição das lâmpadas incandescentes em aproximadamente 8 meses.

Tabela 2 - Substituição de lâmpadas para WCS

	L. INCANDESCENTE		L. FLUORESCENTE		ECONOMIA GERADA	
	ENERGIA (kWh)	CUSTO	ENERGIA (kWh)	CUSTO	ENERGIA (kWh)	ECONOMIZADO
1 DIA	1,92	R\$ 0,77	0,48	R\$ 0,19	1,44	R\$ 0,58
1 MES	57,60	R\$ 23,04	14,40	R\$ 5,76	43,20	R\$ 17,28
6 MESES	345,60	R\$ 138,24	86,40	R\$ 34,56	259,20	R\$ 103,68
1 ANO	691,20	R\$ 276,48	172,80	R\$ 69,12	518,40	R\$ 207,36
2 ANOS	1.382,40	R\$ 552,96	345,60	R\$ 138,24	1.036,80	R\$ 414,72
3 ANOS	2.073,60	R\$ 829,44	518,40	R\$ 207,36	1.555,20	R\$ 622,08

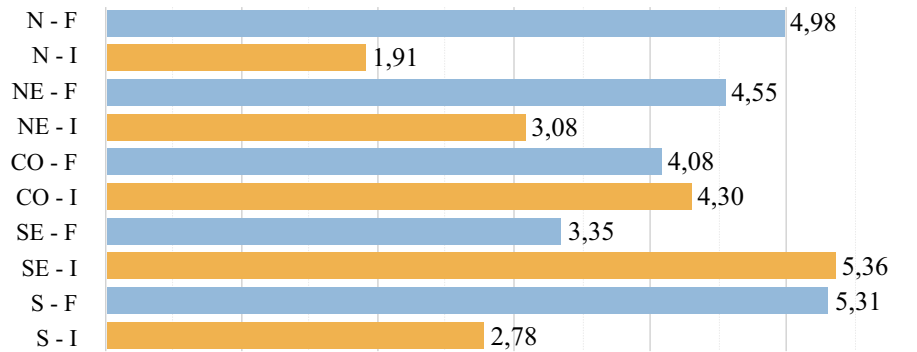
Esta análise é referente a uma única residência, mas, ao se discutir soluções referentes à sustentabilidade, a análise deve sempre ser realizada em um âmbito maior para então medir o real resultado da prática.

Para esta análise será calculado a economia para o país caso 50% e 100% das lâmpadas incandescentes forem substituídas, que é algo que ocorrerá em um futuro próximo devido a atual proibição da produção e importação de lâmpadas incandescentes, a futura proibição de comercialização das mesmas e o baixo tempo de vida que apresentam.

Serão considerados as diferentes posses médias de lâmpadas para os estados brasileiros juntamente com a quantidade de residências neles instalados e com isso calculado o numero total de lâmpadas e em seguida multiplicado pelo fator de uso 3,8 horas por dia referente a media ponderada do uso médio de lâmpadas incandescentes no Brasil considerando 5 horas como o tempo de uso habitual (uso em salas, cozinhas e corredores) e 3 horas como tempo de uso eventual (banheiros, quartos).

Na Figura 9 estão representadas as posses médias de lâmpadas nas regiões do Brasil e nele é possível verificar que a adoção de lâmpadas fluorescentes no país já esta ocorrendo de e em uma fase avançada, principalmente nas regiões norte e sul do Brasil porem também se demonstra bem lenta sua adoção na região sudeste. Na Tabela 3 está representado o número de residências para cada grande região do Brasil, é importante notar que o sudeste, estado com o maior porcentagem de lâmpadas incandescentes, é o com o maior numero de residências representando 43% do numero total do país.

Figura 9 - Comparação entre a posse média de lâmpadas nas regiões do Brasil



Fonte: (ELETROBRÁS PROCEL, 2007).

Tabela 3 - Número de residências por grandes regiões

RESIDÊNCIAS POR GRANDES REGIÕES				
Sudeste	Nordeste	Sul	Centro Oeste	Norte
27904000	17001000	9695000	4926000	4832000

Fonte: (IBGE, 2010).

Com essas informações é possível calcular a economia de energia elétrica diária referente a substituição de 50% e de 100% das lâmpadas incandescentes a nível nacional utilizando as Equações (4) para 50% e (5) para 100%. Para isso, como descrito anteriormente é utilizado a quantidade de utilização média diária por lâmpada 3,8 horas multiplicado pela economia ao substituir uma lâmpada incandescente (60W) por sua fluorescente compacta equivalente (15W) e pelo numero de lâmpadas por grande região.

$$\sum \frac{R_i \cdot \frac{i_l}{2} \cdot 3,8h \cdot (45W)}{1000} \quad (4)$$

$$\sum \frac{R_i \cdot i_l \cdot 3,8h \cdot (45W)}{1000} \quad (5)$$

Utilizando as Equações (4) e (5) descritas a cima é possível construir a Tabela 4 e 5 que descrevem o consumo médio que seria economizado por grande região e pelo país nos períodos de um dia, um mês e um ano.

Tabela 4 - Economia para a substituição de 50% das lâmpadas incandescentes

ECONOMIA COM A SUBSTITUIÇÃO DE 50% DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES						
	Sudeste	Nordeste	Sul	Centro Oeste	Norte	Brasil
1 dia	12.787.845 kWh	4.477.043 kWh	1.655.511 kWh	1.811.044 kWh	789.090 kWh	21,52 GWh
1 mês	383.635 MWh	134.311 MWh	49.665 MWh	54.331 MWh	23.673 MWh	645,62 GWh
1 ano	4.603,62 GWh	1.611,74 GWh	595,98 GWh	651,98 GWh	284,07 GWh	7.747,39 GWh

Tabela 5 - Economia para a substituição de 100% das lâmpadas incandescentes

ECONOMIA COM A SUBSTITUIÇÃO DE 100% DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES						
	Sudeste	Nordeste	Sul	Centro Oeste	Norte	Brasil
1 dia	25.575.690 kWh	8.954.087 kWh	3.311.022 kWh	3.622.088 kWh	1.578.180 kWh	43,04 GWh
1 mês	767.271 MWh	268.623 MWh	99.331 MWh	108.663 MWh	47.345 MWh	1.291,23 GWh
1 ano	9.207,25 GWh	3.223,47 GWh	1.191,97 GWh	1.303,95 GWh	568,14 GWh	15.494,78 GWh

Portanto, ao substituir 50% das lâmpadas incandescentes das residências de todo o país (somente as residências, portanto não foram consideradas nenhuma instalação comercial ou industrial) seria economizado diariamente 21,52 GWh que corresponde a aproximadamente R \$8.800.000,00 economizados por dia pelos cidadãos brasileiros ao considerar o preço médio da energia elétrica do país. Se calculado qual a diminuição da carga obtido com essas substituições é obtido o valor de 5.000 MW, que corresponderia a 7 turbinas das 20 instaladas em Itaipú.

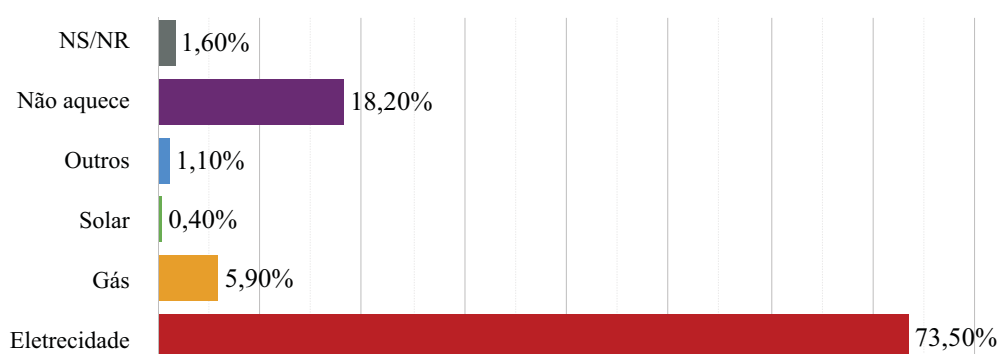
É importante explicitar que este valor é utilizado meramente para demonstrar quanto poderia ser economizado e não considera o extenso tempo que levaria para ocorrer a substituição, o custo total da medida, e a mudanças tecnológicas e políticas durante o período de substituição.

O valor calculado tem como real objetivo mostrar que práticas sustentáveis tem seus reais efeitos quando analisados em grande escala, neste caso a simples substituição de lâmpadas nas residências, que amortizam o investimento em no máximo 8 meses pode parecer que não gera muitas alterações ao se observar em pequena escala porem ao se somar a economia das 64.358 milhões de residências do país seria possível reduzir consideravelmente a necessidade de produção de energia elétrica.

4.3 Aquecimento de água

Os sistemas de aquecimento de água são, hoje, os equipamentos que mais consomem energia elétrica nas residências e isso ocorre pela adoção em massa de chuveiros elétricos e reservatórios elétricos que usam de energia elétrica para realizar o aquecimento. Na Figura 10 é possível observar que 73,5% dos brasileiros utilizam a energia elétrica como fonte utilizada para o aquecimento de água.

Figura 10 - Fonte utilizada para aquecimento de água



Fonte: (ELETROBRÁS PROCEL, 2007).

A solução sustentável para a questão do aquecimento de água é já bastante conhecida pela população atingindo 55,4% da população brasileira porém só é adotada por 0,4% dela. Isso se dá pela grande dificuldade de obtenção do sistema que necessita de um alto investimento inicial (um sistema passivo para uma família de 4 pessoas custa em média R \$4.725,00), e de características específicas de instalação do sistema de água da residência como tubulação de cobre para a água quente e uma altura específica para a caixa d'água em relação ao telhado.

O sistema de aquecimento solar é relativamente caro porem permite uma redução drástica na utilização de energia elétrica e sua instalação vem sendo cada vez mais facilitada com redução de impostos e facilitação de crédito. Na Tabela 6 é descrito o uso de um chuveiro elétrico em uma família de 4 pessoas para que assim seja concluído que é necessário aproximadamente 31 meses (dois anos e 7 meses) para realizar a amortização do investimento que cuja instalação proporciona uma economia mensal de R\$149,60.

Tabela 6 - Consumo de um chuveiro elétrico para uma família de 4 pessoas

	ENERGIA (kWh)	CUSTO
DIA	12,47	R\$ 4,99
MES	374,00	R\$ 149,60
6 MESES	2244,00	R\$ 897,60
ANO	4488,00	R\$ 1.795,20

Com isso, é possível observar uma economia muito maior que a obtida com as trocas de lâmpadas incandescentes. Porém é uma pratica que sem maiores auxílios do governo se torna impossível para a grande maioria da população devido seu alto custo de instalação.

Mesmo tendo uma difícil aplicação, analisar a economia de energia que poderia ser feita no país caso o aquecimento solar fosse massivamente utilizado nos da um valor muito interessante, caso 10% dos possuidores de chuveiros elétricos efetuem a troca, a produção elétrica nacional diária poderia encolher 14,2 GW e grande parte deste valor seria em horário de ponta, ou seja, no período de maior consumo de energia elétrica do país onde existe a necessidade da utilização de usinas termoeletricas para atender a demanda.

Tabela 7 - Economia nacional para a substituição de 20% dos chuveiros elétricos

ECONOMIA COM A SUBSTITUIÇÃO DE 10% DOS CHUVEIROS ELÉTRICOS						
Região	Numero de residências c/ chuveiro elétrico	Numero de residências a substituir o chuveiro	Potência média de operação (kW)	Tempo por banho (h/dia)	Consumo diário (kWh)	Consumo diário total (GWh)
Sudeste	25.308.928	2.530.892,8	3,5664	0,918	3,2739552	8,29
Nordeste	680.040	68.004	2,5296	0,9735	2,4625656	0,17
Sul	9.559.270	955.927	4,2708	0,966	4,1255928	3,94
Centro-Oeste	4.192.026	419.202,6	2,0388	0,909	1,8532692	0,78
Norte	193.280	19.328	1,662	0,6975	1,159245	0,02
						13,20

É possível verificar a grande influência do sudeste e do sul no cenário da utilização de chuveiros elétricos e isso ocorre devido a baixíssima utilização do mesmo nas outras regiões devido a condição sócio econômica das mesmas. Mesmo com isso é possível obter uma

economia anual na geração de 13,2 GWh que corresponde a 60% da economia devido a substituição de 50% das lâmpadas incandescentes.

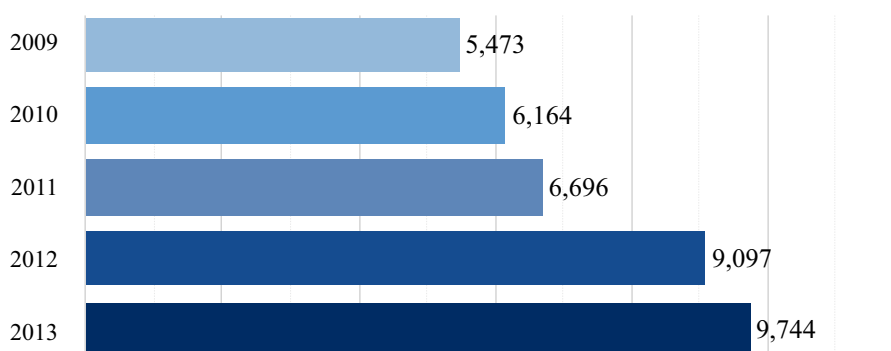
Estes cálculos tem como objetivo mostrar a influencia muito mais expressiva da substituição dos chuveiros elétricos no Brasil frente aos outros métodos apresentados. E é por este motivo que os programas habitacionais realizados pelo governo estão instalando placas de aquecimento solar nas novas instalações construídas.

O impacto da substituição do sistema de aquecimento na conta de luz de uma residência tende a ser uma diminuição de aproximadamente 24% como visto anteriormente e caso o investimento seja possível é altamente recomendado por apresentar um retorno relativamente maior que o obtido com a substituição das lâmpadas de uma residência. Em contra partida, é necessário que já exista uma preparação para a rede de distribuição de água na casa ou será necessário realizar obras de reforma que podem aumentar o custo da instalação.

4.4 Equipamentos elétricos

Como discutido anteriormente, o programa de etiquetagem realizado pelo PROCEL e pelo IMETRO vem trazendo ótimos resultados em âmbito nacional quanto a economia de energia elétrica com a utilização de equipamentos mais eficientes como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Economia de energia decorrente as ações do PROCEL nos últimos 5 anos em bilhões de kWh

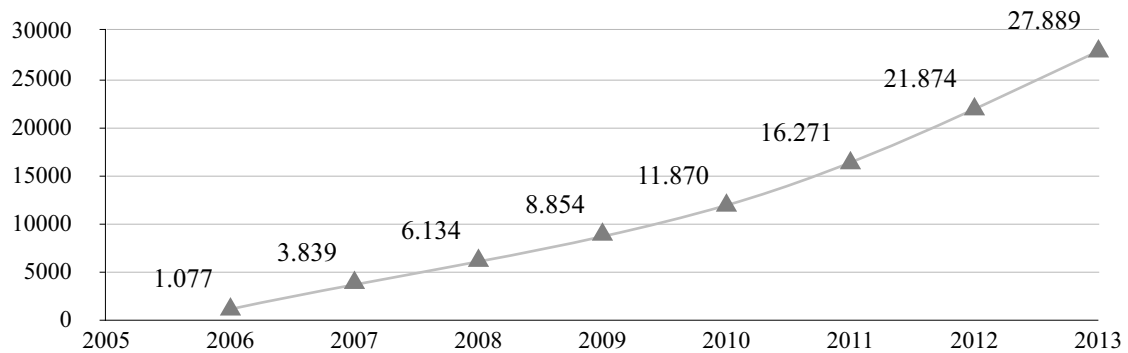


Fonte: (PROCEL, 2014).

O crescimento da economia de energia continua crescendo mesmo que de uma maneira menos acelerada entre os anos de 2012 e 2013. O conhecimento sobre o programa por parte

da população esta crescendo a passos largos, somente no ultimo ano houve um aumento de 27% no numero de usuários cadastrados no portal do PROCEL na internet e se comparado com o valor de 2006 houve um aumento de 2490,5%.

Figura 12 - Evolução do numero de usuários cadastrados no Portal



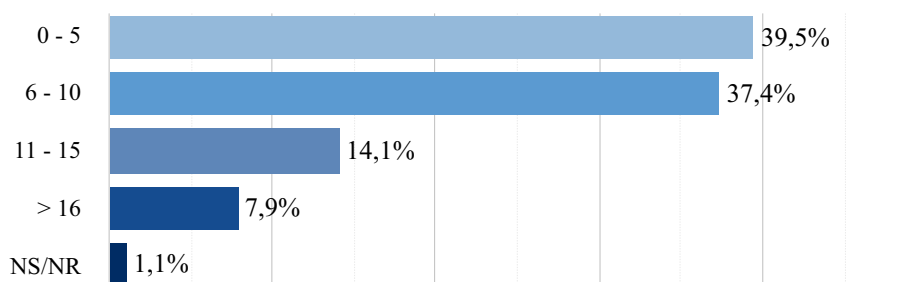
Fonte: (PROCEL, 2014).

Este programa vem tendo como publico alvo as famílias que pretendem substituir seus equipamentos elétricos e então são convencidas a realizar esta substituição por um equipamento mais eficiente. Isso ocorre devido ao fato da pequena diferença de preços entre equipamentos de classes de economia de energia no mercado atual que é facilmente abatida com poucos meses de utilização do equipamento mais eficiente. Como exemplo, um refrigerador que possui o selo PROCEL/IMETRO na classe A consome, em média, 48kWh mensais e um na classe C com o mesmo volume interno consome 72,6kWh. Essa diferença leva a uma economia de aproximadamente R\$ 118,08 anuais como é demonstrado abaixo na Equação (6).

$$E_A = (72,6\text{kWh} - 48\text{kWh}) \cdot 12 \cdot 0,4 \text{ R\$/kWh} = \text{R\$}118,08 \quad (6)$$

Como pode ser visto a economia anual pode ser alta o suficiente para ao comprar o equipamento dar preferencia para um mais eficiente porem não é grande o suficiente para justificar uma troca somente para reduzir o consumo de energia elétrica. Para amortizar a compra de um novo refrigerador seriam necessários vários anos e ao se passar este período o refrigerador provavelmente já vai estar utilizando uma tecnologia ultrapassada com varias soluções bem mais efficientes no mercado.

Figura 13 - Faixa de idade dos aparelhos refrigeradores



Fonte: (ELETROBRÁS PROCEL, 2007).

A última pesquisa de posse de equipamentos elétricos mostra que os refrigeradores estão presentes em praticamente todas as residências brasileiras e que 22% possui mais de 11 anos de operação e estão sob posse das camadas sociais mais baixas. Este número vem diminuindo devido o grande investimento em projetos de eficiência energética que tem como objetivo substituir estes refrigeradores antigos que apresentam um altíssimo consumo de energia elétrica e consome uma parte significativa da renda de famílias beneficiadas pela tarifa social de energia elétrica, famílias que tem como renda de meio salário mínimo por membro e estão cadastradas no Cadastro Único. Esta prática visa diminuir o consumo de base e de ponta e consequentemente a necessidade de gastos por parte das distribuidoras de energia elétrica para atender esta demanda utilizando de usinas termoeletricas.

Além do impacto no sistema elétrico, a substituição de refrigeradores antigos tem um grande impacto ecológico pois estes refrigeradores utilizavam gases CFCs, que são altamente prejudiciais quando se trata de analisar seu impacto no efeito estufa, para manter o equilíbrio térmico e com o recolhimento e reciclagem destes aparelhos estes gases são capturados e removidos do sistema.

Desde 2000 as empresas distribuidoras de energia aplicam 0,5% de sua receita operacional líquida nestes programas de eficiência energética e com isso investiram como substituição de refrigeradores, lâmpadas incandescentes e instalação de sistemas de aquecimento solar.

4.5 Balanceamento de cargas

O desequilíbrio de fases (ou desbalanceamento) é definido nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) elaborados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

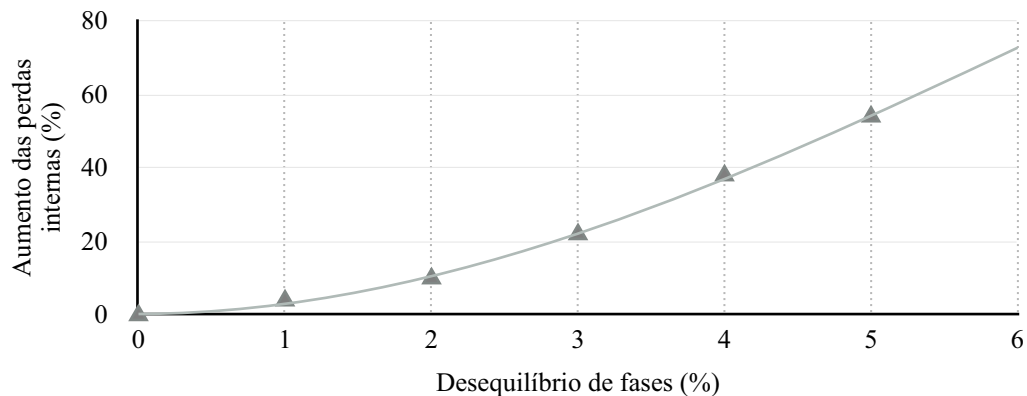
como a relação da tensão de sequência negativa e da tensão de sequência positiva como descrito na equação (7), ou seja, o quociente entre a magnitude da tensão de sequência positiva ($\frac{1}{3} \cdot V_A + a^2 \cdot V_C + a \cdot V_B$) e a magnitude da tensão de sequência negativa ($\frac{1}{3} \cdot V_A + a^2 \cdot V_B + a \cdot V_C$).

$$FD\% = (V_- / V_+) \cdot 100 \quad (7)$$

As principais consequências deste desbalanceamento, segundo ELTOM A. H. (2005) são o aumento das perdas elétricas dos motores e a diminuição do tempo de vida destas máquinas elétricas.

Segundo o gráfico da Figura 14, mesmo com um desbalanceamento pequeno de 2% é observado um aumento de 10% das perdas e pode chegar a 54% no caso de um desbalanceamento de 5% o que mostra um aumento significativo no consumo desta máquina elétrica mesmo com um pequeno desbalanceamento de fase.

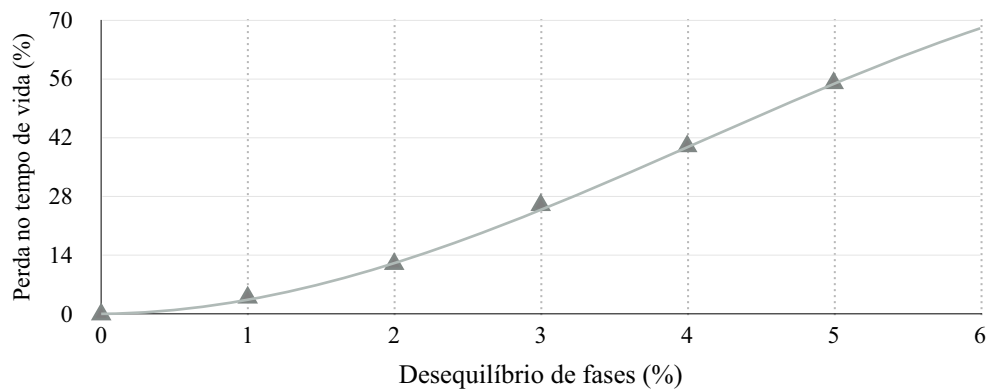
Figura 14 - Influencia do desequilíbrio de fases nas perdas internas de motores



Fonte: (ELTOM A. H., 2005)

Este aumento de perdas acarreta em um aumento de temperatura dos enrolamentos do motor que irá provocar um envelhecimento gradual e generalizado da isolamento destas bobinas o que pode culminar em um curto circuito interno que pode ter consequências desastrosas. Na Figura 15 é possível se observar que para os mesmos 2% de desequilíbrio que acarretavam em um aumento de 10% das perdas, é observado uma diminuição de 12% do tempo de vida do motor e para um desbalanceamento de 5% é observado uma diminuição de 55% do tempo de vida.

Figura 15 - Influencia do desequilíbrio de fases no tempo de vida de motores



Fonte: (REZENDE P. H. O., SAMESIMA M. I., 2013)

Portanto, soluções de correção de fases desbalanceadas são adequações econômicas de caráter sustentável por diminuir o consumo de energia e aumentar o tempo de vida dos equipamentos e devem ser realizadas tanto pelas empresas distribuidoras de energia como pelos próprios consumidores de maneira que se as residências mantiverem suas cargas equilibradas a energia elétrica que é disponibilizada a elas terá uma melhor qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções apresentadas se demonstraram extremamente eficientes quanto a diminuição do consumo de energia residencial, possibilitando a redução do consumo de energia em até 54% (20% referente ao uso de condicionadores de ar, 24% referente ao uso do chuveiro elétrico e 10% a diminuição do consumo com iluminação) e tendo os investimentos abatidos em no máximo dois anos e 8 meses mas a sua real influência é quando aplicada em âmbito nacional. Caso for somado a economia referente ao programa de etiquetagem do PROCEL (9.744 GWh), a substituição de 20% dos chuveiros elétricos (9.782 GWh) e a substituição de 50% das lâmpadas incandescentes (7.474 GWh) é obtido uma economia de 27.273 GWh/ano aplicando somente medidas referentes ao uso sustentável da energia elétrica.

Isso deixa muito claro a quantidade de energia que é desperdiçada e este numero pode ser bem maior caso a abrangência das substituições forem maiores (principalmente dos chuveiros elétricos). Vários projetos de eficiência energética estão sendo implementados pelas distribuidoras de energia elétrica e com isso o objetivo do governo é chegar cada vez mais próximo destes números que podem ser considerados até utópicos.

O ultimo ponto a ser discutido é o fato de que a aplicação de algumas práticas sustentáveis podem ter seu investimento relativamente alto para a grande maioria da população porem se for aproveitado o potencial a grande quantidade de programas de habitação realizados pelo governo para a elaboração de construções sustentáveis essas praticas podem atingir todas as camadas sociais da população e desta maneira obtermos, a nível nacional, um grupo significativo que faz uso de energia elétrica de maneira sustentável em suas residências.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. E.; BELCHIOR, F. N., Custos associados à substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares. Revista O Setor Elétrico, n. 62, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/colunistas/570-custos-associados-a-substituicao-de-chuveiros-eletricos-por-aquecedores-solares.html>>. Acesso em 17 set. 2014.

BOYLESTAD, R. L., Introdução à Análise de Circuitos, Prentice Hall, 2011;

ELTOM A. H., The economics of energy efficient motors during unbalanced voltage conditions, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=1611849&queryText%3DELTOM+A.+H.>>. Acesso em: 15 set. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese dos Indicadores 2013. Rio de Janeiro: 2014. 210 p. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2013/Sintese_Indicadores/sintese_pnad2013.pdf>. Acesso em: 19 set. 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., Eficiência energética na arquitetura. 3.ed., São Paulo: ProLivros, 2014.

MANECHINI, G. A., Riqueza brota das cidades médias no interior do Brasil. Revista EXAME, n. 1045, jul. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1045/noticias/a-riqueza-que-brota-no-interior?page=2>>. Acesso em: 16 set. 2014.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Classe Residencial - Relatório Brasil. Rio de Janeiro: 2007.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Resultados Procel 2014. Rio de Janeiro: 2014.

REZENDE P. H. O., SAMESIMA M. I., Efeitos do desequilíbrio de tensões de suprimentos nos motores de indução trifásico, 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4473/11857>>. Acesso em: 15 set. 2014.

WILLIAM MCDONOUGH + PARTNERS, NASA Sustainability Base Customer Story, 2010. Disponível em: <http://images.autodesk.com/adsk/files/nasa_sustainability_base_customer_story.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.