

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 16/12/2017.

MARÍA FERNANDA TRUJILLO LEÓN

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS
CONSIDERANDO O NOVO AMBIENTE DE MEDIÇÃO DE CONSUMO.**

Guaratinguetá - SP
2016

L579e

León, María Fernanda Trujillo

Eficiência energética em instalações residenciais considerando o novo ambiente de medição de consumo / María Fernanda Trujillo León – Guaratinguetá, 2017.

96 f : il.

Bibliografia: f. 92-96

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Armando Maldonado Astorga

1. Iluminação Elétrica. 2. Energia Elétrica - Consumo.
3. Energia Elétrica – Fontes alternativas. I. Título

CDU 628.9(043)

MARIA FERNANDA TRUJILLO LEON

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA

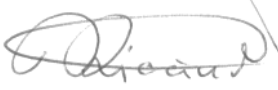
ÁREA: Energia

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. OSCAR ARMANDO MALDONADO ASTORGA
UNESP/FEG


Prof. Dr. DURVAL LUIZ SILVA RICCIULLI
UNESP/FEG


Prof. Dr. PEDRO DA COSTA JUNIOR
UNESP/BAURU

MARÍA FERNANDA TRUJILLO LEÓN

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS
CONSIDERANDO O NOVO AMBIENTE DE MEDIÇÃO DE CONSUMO.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Energia.

Orientador:
Prof. Dr. Oscar Armando Maldonado Astorga.

Guaratinguetá
2016

DADOS CURRICULARES

MARÍA FERNANDA TRUJILLO LEÓN

NASCIMENTO	04.09.1989 – QUITO –EQUADOR
FILIAÇÃO	Martha Cecilia León Álvarez. Fernando Ruperto Trujillo Verdesoto.
2009-2014	Curso de Graduação Engenharia Elétrica–Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP - Campus Guaratinguetá, SP-Brasil.
2015-2016	Curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica, na área de Energia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP - Campus Guaratinguetá, SP-Brasil.

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional e exemplo de dedicação, esforço e amor, sobretudo pela cumplicidade e incentivo para que todos e cada um dos meus objetivos de vida sejam realizados com o maior dos êxitos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me permitir viver esta experiência me cuidar e guiar neste caminhar da vida.

ao meu orientador, Prof. Dr. Oscar Armando Astorga Maldonado, pela paciência, dedicação, conselhos e por todos os ensinamentos na área de pesquisa.

aos meus colegas de estudo e trabalho no DEE e LESIP pelo companheirismo, ajuda e convivência diária. Em especial a Soninha pelas suas palavras constantes de ânimo e força.

à minha família, pelo seu apoio incondicional e orações diárias para conseguir ir em frente neste trabalho, especialmente a minha mãe por ser esse exemplo de perseverança, dedicação e entrega e ao Matheus por sua ajuda, amor e apoio incondicional.

a esta casa, a FEG, por ser meu segundo lar, por ter me acolhido em um dos períodos mais importantes da minha vida. Onde cheguei inundada de expectativas e emoções, onde chorei, caí e levantei, mas sobretudo onde me formei não só com títulos senão com experiências e tive a honra de servir e ser parte desta comunidade.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”.

Claude Lévi-Strauss

TRUJILLO, M. F. L. **Eficiência energética em instalações residenciais considerando o novo ambiente de medição de consumo.** 2016, 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

O uso de novas tecnologias em equipamentos e dispositivos de consumo de energia elétrica, vem sendo uma ferramenta cada vez mais utilizada para aumentar a eficiência energética na geração, transporte e distribuição de energia. Mesmo com a crise econômica dos últimos anos, a demanda de energia elétrica tem apresentado um crescimento constante em alguns setores da distribuição, principalmente no consumo de instalações residenciais. Neste tipo de instalação, a introdução de tecnologia LED no sistema de iluminação vem crescendo de forma sistêmica resultando em economia para o consumidor que paga a energia consumida em kWh, sem preocupação com aspectos importantes que o consumidor industrial enfrenta como o baixo fator de potência e a distorção harmônica presente na instalação. Este quadro tende rapidamente a mudar com a instalação, nas residências, dos novos medidores digitais pelas distribuidoras, capazes de medir estes tipos de parâmetros. Atualmente, quando vista do lado do sistema de geração, a economia do consumidor em kWh pode não representar uma economia na geração de energia pois, por tratar-se de cargas não lineares, a relação entre o consumo na instalação e a energia necessária que precisa ser gerada nas Usinas para o seu atendimento, medido em kVA, pode não apresentar a mesma vantagem ou mesmo ser uma desvantagem para o sistema elétrico. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma análise da utilização de tecnologia LED na iluminação em instalações residenciais, levando em consideração a não linearidade desta nova tecnologia e a consequente introdução na instalação, do aumento das perdas elétricas que isto pode acarretar. Com esta finalidade foi realizada uma montagem experimental, utilizando alguns dos eletrodomésticos mais encontrados em instalações residenciais, operando em conjunto com o sistema de iluminação. Assim os resultado das diversas análises tem como consequência a apresentação de considerações para o consumidor e os órgãos de certificação, sobre os principais requisitos a serem observados na aquisição, instalação e operação desta nova tecnologia, colaborando desta forma para o aproveitamento correto desta em sistemas de iluminação residencial, no novo cenário de medição digital que está sendo implantado no país.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Iluminação, Eficiência Energética, LED, Qualidade de Energia, harmônicas, consumo residencial.

TRUJILLO, M. F. L. **Eficiência energética em instalações residenciais considerando o novo ambiente de medição de consumo.** 2016, 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

The use of new technologies in equipments and power consumption devices, it has been a tool to increase energy efficiency in the generation, transmission, and distribution of energy. Even with the economic crisis of recent years, electricity demand has shown a steady growth in some distribution sectors, especially in the consumer residential. In this type of plant facilities, the use of LED technology in lighting grows systemically resulting in the economy for the residential consumer who pays per kWh, without regard to important aspects that industrial consumers face as a low power factor and harmonic distortion present in the installation. This frame quickly tends to change with home electrical circuits, new digital meters by distributors, capable of measuring such parameters. Currently, from the viewpoint of the power generation system, the consumer economy in kWh may not represent savings in energy production. This assumption is valid because, as it is in non-linear loads the ratio between consumption in the installation and the required power must be provided in plants for your service, measured in kVA, can not present the same advantage or even be a disadvantage to the electrical system. This study aims to present an analysis of the use of LED technology in lighting in residential systems, considering the non-linearity of this new technology and the subsequent introduction in the installation, the increase in electrical losses this may entail. For this purpose, an experimental setup was performed using some of the most common appliances in residential appliances. These devices operate in conjunction with the lighting system. Thus, the outcomes of the different analyses led to considerations for the consumer and the certification agency. The Brazilian utilities are deploying a new digital measurement scenario, and the service clients must observe requirements in the purchase, installation and operation of this new technology, contributing this way to the correct use of this technology in residential lighting systems.

KEYWORDS: Lighting Systems, Energy Efficiency, LED, Energy Quality, harmonics, residential consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa conceitual do aumento de necessidades energéticas.	17
Figura 2. Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico	21
Figura 3. Entrada em operação de novos empreendimentos de geração.	23
Figura 4. Evolução do crescimento populacional e da demanda de energia per capita.	23
Figura 5. Consumo Final Energético por Setor (em milhares de tep)	24
Figura 6. Evolução da Participação das Fontes no Consumo Final de Energia.	25
Figura 7. Matriz de produção de energia elétrica no Brasil.....	26
Figura 8. Quantificação das Energias Renováveis	27
Figura 9. Consumo de energia elétrica no mês de março 2016 e acumulado em 12 meses.	28
Figura 10. Número de unidades consumidoras no Brasil: estratificação por classe.....	29
Figura 11. Uso final de eletricidade no Brasil ao longo do verão (a) e inverno (b).	30
Figura 12. Demanda de Energia Residencial por Uso Final	30
Figura 13. Regulamentação da Lei 10.295/2001 no Setor Residencial.....	33
Figura 14. Diversas tecnologias de lâmpadas de uso residencial	36
Figura 15. Lâmpadas LED.....	37
Figura 16. Etiqueta INMETRO-lâmpadas LED.	40
Figura 17. Requisitos técnicos de limite das correntes harmônicas	41
Figura 18. Posse Média de Equipamentos Eletrodomésticos no Setor Residencial.	42
Figura 19. Posse Média de Equipamentos Eletrodomésticos.	42
Figura 20. Selo PROCEL equipamentos eletrodomésticos.	43
Figura 21. Onda distorcida e componentes harmônicas.	44
Figura 22. Forma de onda e o espectro harmônico de um sinal senoidal.....	45
Figura 23. Forma de onda e o espectro harmônico de um sinal com perturbações.....	45
Figura 24. Limites individuais de harmônicos de corrente em % fundamental.	51
Figura 25. Dimensionamento do condutor neutro	51
Figura 26. FLUKE 435, analisador de qualidade de energia.....	54
Figura 27. Medidor eletrônico digital.....	54
Figura 28. Fonte <i>Pacific Smart Source</i>	55
Figura 29. Esquema de montagem-bancada educacional.	56
Figura 30. Esquema de montagem-ambiente residencial	57
Figura 31. Formas de onda de tensão e corrente das lâmpadas incandescentes.....	58
Figura 32. Forma de onda de tensão e corrente das lâmpadas halógenas.	59

Figura 33. Formas de onda de tensão e corrente da lâmpada fluorescente L3.	60
Figura 34. DHTi da lâmpada fluorescente L3.	60
Figura 35. Forma de onda de tensão e corrente da lâmpada LED, L6.	61
Figura 36. DHTi da lâmpada LED, L6.	62
Figura 37. Formas de onda de tensão e corrente da lâmpadas LED, L8.	62
Figura 38. DHTi da lâmpadas LED, L8.	62
Figura 39. Gráfico Potências - Análise individual por lâmpada REDE.	63
Figura 40. Gráfico Potência aparente - Análise individual por lâmpada REDE.	64
Figura 41. Gráfico DHTi - Análise individual por lâmpada REDE.	65
Figura 42. Gráfico FP - Análise individual por lâmpada REDE.	65
Figura 43. Formas de onda de tensão e corrente tecnologia fluorescente compacta.	67
Figura 44. Formas de onda de tensão e corrente tecnologia LED.	67
Figura 45. Gráfico Potências - Análise por tecnologia de iluminação REDE.	68
Figura 46. Gráfico Potência aparente - Análise por tecnologia de iluminação REDE.	68
Figura 47. Gráfico DHTi - Análise por tecnologia de iluminação REDE.	69
Figura 48. Gráfico FP - Análise por tecnologia de iluminação REDE.	69
Figura 49. Formas de onda de tensão e corrente da TV.	70
Figura 50. DHTi daTV.	71
Figura 51. Formas de onda de tensão e corrente do purificador de água.	72
Figura 52. DHTi do purificador de água.	72
Figura 53. Formas de onda de tensão e corrente do microondas.	73
Figura 54. DHTi do microondas.	73
Figura 55. Formas de onda de tesão e corrente do liquidificador.	74
Figura 56. DHTi do liquidificador.	74
Figura 57. Gráfico DHTi - Análise individual por eletrodoméstico REDE.	75
Figura 58. Gráfico Potências - Análise individual por eletrodoméstico REDE.	76
Figura 59. Gráfico Potências - Análise individual por eletrodoméstico REDE.	76
Figura 60. Formas de onda de tensão e corrente do S1.	77
Figura 61. THDi do S1.	78
Figura 62. Formas de onda de tensão e corrente do S2 THDi_S2.	78
Figura 63. THDi do S2.	78
Figura 64. Formas de onda de tensão e corrente do S3.	79
Figura 65. DHTi do S3.	79
Figura 66. Formas de onda de tensão e corrente do S4.	79

Figura 67. DHTi do S4.	80
Figura 68. Gráfico Potências – Análise sistema completo_REDE.....	80
Figura 69. Gráfico DHTi – Análise sistema completo_REDE.....	81
Figura 70. Gráfico FP – Análise sistema completo_REDE.	81
Figura 71. Gráfico FP – Comparação DHT's Fonte e Rede.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Requisitos técnicos para FP	40
Tabela 2. Análise individual por lâmpada incandescente.....	58
Tabela 3. Análise individual por lâmpada halógena.....	59
Tabela 4. Análise individual por lâmpada fluorescente.	59
Tabela 5. Análise individual por lâmpada LED.	61
Tabela 6.Comparação de resultados nos estudos Dias e Filippo; Trujillo.....	63
Tabela 7. Análise por tecnologias: incandescente e halógeno.....	66
Tabela 8. Análise por tecnologias: fluorescente compacta.....	66
Tabela 9. Análise por tecnologia: LED	67
Tabela 10. Análise individual por eletrodoméstico Eletrônicos.....	70
Tabela 11. Análise individual por eletrodoméstico Refrigeradores.	71
Tabela 12. Análise individual por eletrodoméstico Aquecimento.	72
Tabela 13. Análise individual por eletrodoméstico Refrigeradores.	73
Tabela 14.Comparação de resultados nos estudos Pires; Trujillo.	74
Tabela 15. Análise sistema complete tecnologias de iluminação+eletrodomésticos.	77
Tabela 16. Análise individual por lâmpada incandescente.....	82
Tabela 17. Preço médio de lâmpadas LED e FC.....	84
Tabela 18. Payback.....	85
Tabela 19. Dados de sistema com FP dentro da norma.....	85
Tabela 20. Dados de sistema com FP fora da norma.....	86
Tabela 21. Penalização por número de residências.	88

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. DHT de tensão	46
Equação 2. DHT da corrente	47
Equação 3. Cálculo do fator de Potência.....	48
Equação 4. Cálculo da corrente de neutro	52
Equação 5. Cálculo de consumo.....	83
Equação 6. Cálculo consumo de iluminação.....	83
Equação 7. Cálculo consumo de LED	84
Equação 8. Cálculo de penalização	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos da dissertação	19
1.2 Estrutura da dissertação	19
2 A ENERGIA ELÉTRICA.....	20
2.1 Conceitos Fundamentais.....	20
2.2 Matriz energética brasileira-evolução.	20
2.2.1 Inserção de novas fontes geradoras de energia.....	22
2.2.2 Prospectiva - visão 2030	23
2.3 Produção	26
2.4 Mercado consumidor	27
2.4.1 Consumo de energia elétrica.....	27
2.4.1.1 Consumo de energia elétrica por setor	27
3 INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS e EFICIENCIA ENERGÉTICA, CONSIDERANDO A QUALIDADE DE ENERGIA.....	34
3.1 Iluminação	34
3.1.1 Retrospectiva das diversas tecnologias de lâmpadas de uso residencial	34
3.1.2 Tecnologia LED	37
3.1.3 Regulamentos e Normas para o uso das lâmpadas LED	39
3.2 Aparelhos eletrodomésticos.....	41
3.3 Qualidade de energia	43
3.3.1 Conceitos fundamentais	44
3.3.1.1 Distorções harmônicas.....	44
3.3.1.2 Espectro harmônico	45
3.3.1.3 Taxa de distorção harmônica total.....	46
3.3.1.4 Fator de Potência	47
3.3.1.5 Cargas geradoras de harmônicas	48

3.3.2 Efeitos e consequências das harmônicas.....	49
3.3.3 Normas e regulamentação de harmônicas	50
3.3.3.1 Normas de compatibilidade entre redes elétricas e produtos.	50
3.3.3.2 Normas de emissão aplicáveis aos produtos geradores de harmônicas.....	50
3.3.4 Soluções para atenuar as harmônicas.....	51
4 ENSAIOS, ANÁLISES E RESULTADOS.....	53
4.1 Instrumentos de medição	53
4.2 Metodologia utilizada.....	55
4.3 Montagem experimental	56
4.4 Medições e aquisição de dados.....	57
4.4.1 Análises com alimentação da rede:	58
4.4.1.1 Análise individual por lâmpada:.....	58
4.4.1.2 Análise por tecnologia de iluminação:	66
4.4.1.3 Análise individual por eletrodoméstico:.....	70
4.4.1.4 Análise sistema completo (por sistemas de iluminação+eletrodomésticos):	77
4.4.2 Análises com alimentação de uma fonte externa:	82
4.4.2.1 Análise individual por lâmpada:.....	82
4.5 Análise de viabilidade econômica	83
4.6 Resultados Finais.....	85
5 CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS	92

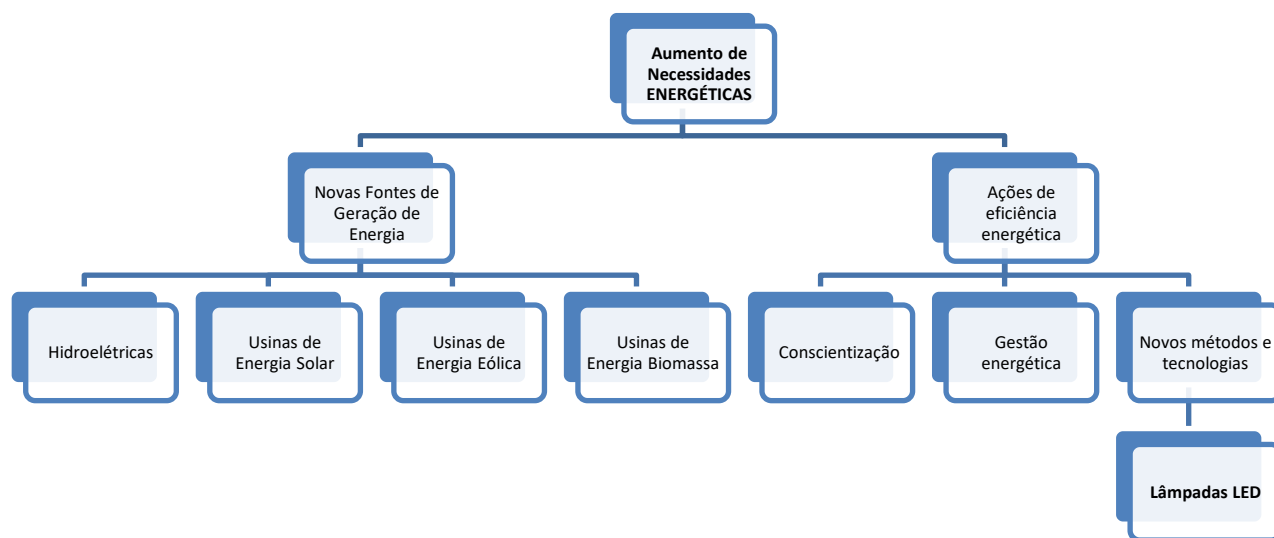
1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população, a escassez de recursos naturais, e a necessidade pelo cuidado ao nosso planeta, determina uma preocupação do uso indiscriminado dos meios que a natureza oferece, levando ao mundo todo a sua reflexão, surgindo assim novos conceitos como o da Eficiência Energética, o qual está ligado à redução das perdas na conversão de energia primária em energia útil. As perdas ocorrem para qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica (SOLA et al., 2007). Colocando-as, nos dias de hoje, como uma das principais ferramentas para a redução dos custos e, conseqüente obtenção do desenvolvimento sustentável do setor produtivo ou de serviço (VIANA et al., 2012).

Segundo uma análise da *United Nations Environment Programme-UNEP*, sobre os grandes problemas mundiais da atualidade em relação ao ambiente, aponta-se o aumento progressivo das necessidades energéticas e suas conseqüências ambientais como uns dos doze maiores problemas que preocupam os pesquisadores.

Soluções como o aumento da capacidade da matriz energética com a inserção de novas fontes geradoras de energia não poluentes, como as usinas de energia solar, eólica, maremotriz, cogeração e biomassa, e as ações de eficiência energética através dos programas de conscientização, de gestão energética e adoção de novos métodos e tecnologias energeticamente eficientes vem sendo implantados, a seguir a Figura 1 apresenta um mapa conceitual que ilustra o esquema sobre o aumento das necessidades de energia e as soluções que tem sido adotadas.

Figura 1. Mapa conceitual do aumento de necessidades energéticas.



Fonte: Autoria própria.

Por esta razão a demanda por equipamentos de alta eficiência elétrica tem crescido exponencialmente nas últimas décadas. Esta demanda acontece nos campos residencial, comercial e industrial (BRAVO; ABED, 2013).

Sendo objetivo deste trabalho a área residencial, destaca-se o constante aumento da demanda neste setor a nível nacional e mundial, em função da utilização cada vez maior de equipamentos elétricos; seja para a realização das atividades domésticas cansativas, para as atividades de comunicação, de conforto ou lazer. Pode-se constatar que no mês de junho de 2016 na Resenha Mensal de Consumo de Energia Elétrica da Empresa de Pesquisa Energética-EPE (2016), órgão público Brasileiro, a qual informa em relação ao consumo nacional de energia elétrica o seguinte: “A classe industrial retraiu 3,3% e a comercial 2,9%, enquanto a demanda nas residências cresceu 4,6%, sendo a quarta alta seguida no consumo de eletricidade no segmento residencial, puxada principalmente pelas baixas temperaturas e pelo afrouxamento nas medidas de redução de consumo após o choque tarifário do ano 2015”.

Assim, cada vez mais pesquisadores são atraídos para a tarefa de desenvolver tecnologias, equipamentos ou metodologias que, sem comprometer os benefícios sociais destes novos equipamentos, permitam uma redução do consumo de energia elétrica.

Uma dessas novas tecnologias inseridas no mercado, as quais tem crescido nos últimos anos com o intuito de economia de energia e alta eficiência são as denominadas Lâmpadas LED “Light Emitting Diode”, oferecendo inúmeras vantagens em comparação às tecnologias de iluminação residencial convencionais (incandescentes, halógenas, fluorescentes, fluorescentes compactas).

As lâmpadas de LED proporcionam tanto eficiência quanto durabilidade superior à de lâmpadas comuns e consomem muito menos energia elétrica em iluminação. Ainda sua maior vantagem é a alta eficiência, pois não provoca muita quantidade de energia térmica dissipada, sendo a maior porcentagem da energia elétrica consumida é usada para a produção de luz, consequentemente poupando energia (MARTINEZ; TOMIOKA, 2009), entretanto algumas desvantagens se apresentam por serem cargas não lineares, trazendo efeitos nocivos como as distorções harmônicas e, consequente, baixo fator de potência além de seu alto custo inicial atualmente porém vem caindo com o aumento da produção.

Diante desse cenário, regulamentar o mercado e exigir a certificação das lâmpadas LED foi uma opção desejada por associações da iluminação e por empresários que há décadas trabalham neste segmento (GROSSO, 2015). Expõe-se então as normas vigentes e organismos responsáveis pela sua regulamentação no Brasil, como a regulamentação do INMETRO e PROCEL.

Por fim com o advento da substituição das lâmpadas convencionais por esta tecnologia nova, não se pode deixar de lado o estudo em conjunto da mesma com os aparelhos eletrodomésticos presentes nas residências com objetivo de analisar seus comportamentos no sistema elétrico.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram realizados ensaios laboratoriais com o intuito de quantificar os distúrbios pela consequente introdução de cargas não lineares nas instalações residenciais como lâmpadas LED, causadoras de efeitos nocivos para o sistema elétrico como baixo fator de potência, perdas ôhmicas ou aquecimento nos condutores dos circuitos elétricos.

Para verificar a eficiência da tecnologia das lâmpadas a LED foi criado um ambiente residencial e os ensaios foram realizados em conjunto com os aparelhos eletrodomésticos mais usados numa residência, resultando numa eficiência de 33,33% de potência ativa e na ordem de 50% para a potência aparente, comparadas às de uso atual.

Assim como também se quantificaram os índices de distorções harmônicas no âmbito da iluminação e se evidenciou que as lâmpadas fluorescentes compactas foram as pioneiras, seguidas das lâmpadas LED, assim como no âmbito eletrodomésticos foram os eletrônicos os quais ficaram com maior índice de distúrbios, seguidos do microondas, dos motores e finalmente dos refrigeradores.

Segundo a norma INMETRO 389RTQ LED, se estabelece 0,7 como valor mínimo de FP para as lâmpadas LED entre cinco e vinte e cinco watts, o qual foi atendido somente em 50% das amostras testadas, o resto está fora da norma, assim também para lâmpadas maiores a vinte e cinco watts se estabelece como mínimo de FP 0,92, o que não foi cumprido pelos fabricantes das amostras deste estudo.

Pelos resultados obtidos verifica-se que para o consumidor pode resultar benéfico usar sistemas de iluminação com baixo fator de potência, pois ele paga só o equivalente à potência ativa em um determinado período de tempo em [kWh]. Mas com a inserção dos medidores inteligentes, pela potência reativa e harmônicos, também haverá multas como já acontece nas indústrias com o fator de potência não atingido.

Constata-se também que, se usados esses sistemas com baixo FP, sem atender a fatores de potência mínimos exigidos, o sistema gerador terá prejuízos implicando na necessidade de normas mais rigorosas que visem economia tanto para o consumidor quanto para o sistema elétrico.

Obeve-se também a comparação de usinas virtuais a serem utilizadas fazendo ênfase de quanto o sistema gerador pode economizar diminuindo a necessidade da expansão da geração ou retardando os efeitos prejudiciais ao não atendimento da demanda futura.

Finalmente se recomenda ao INMETRO que possa ser inserida a distorção harmônica total (DHT) de cada aparelho elétrico na sua etiquetagem para informação dos consumidores,

assim como o estabelecimento de uma escala quantitativa e/ou qualitativa dos aparelhos com mais ou menos harmônicas. Dando continuidade a esta dissertação se propõe reproduzir este trabalho em maior escala com amostras de diversas residências, assim como a coleta de dados em domicílios com os atuais medidores de energia e em outros com os medidores de energia digitais que quantificam energia reativa e fator de potência.

As lâmpadas LED são mais eficientes, quase toda a energia fornecida é transformada em luz. Em comparação com outras tecnologias elas produzem muito mais luz por unidade de energia fornecida (lumen / Watt), conduzindo a poupanças de até 90% da energia utilizada para a iluminação, diretamente resultando numa baixa emissão de CO₂. Além disso não é utilizado enxofre, vapores de mercúrio nem outros metais perigosos para o meio ambiente durante a sua produção.

Têm uma longa vida útil em comparação com outros tipos de lâmpadas. Em relação a média de vida de uma lâmpada halógena de 3.000 horas com o tempo de vida de LEDs que vão desde 50.000 até 100.000 horas. Quando usado 8 horas por dia, a lâmpada de halogéneo dura cerca de um ano, ao passo que as LEDs tem uma duração de pelo menos 17 anos. No entanto, isso não significa que estas sempre vão durar todo esse tempo na vida real, como os LEDs são controlados pela eletrônica de potência, esta deve ter qualidade suficiente, a fim de coincidir com a expectativa de vida do LED.

As lâmpadas LED emitem muito pouco calor em comparação às fontes de luz anteriores, por isto também da sua maior durabilidade. Tornando-as mais seguras para tocá-las enquanto estão em funcionamento. Os LEDs não são sensíveis à vibração e frio, podendo ser também dispositivos a prova de água tornando-as ideais para uso externo e condições mais rigorosas de temperatura. Os fabricantes fazem todo o possível para manter a temperatura de funcionamento tão baixa quanto possível para seus acessórios.

Uma outra vantagem deste tipo de lâmpadas é o aproveitamento total do fluxo luminoso diferente das fluorescentes, onde parte deste fluxo é perdido no rebatimento nas luminárias.

Na atualidade a introdução desta tecnologia é cada vez maior, e as políticas de uso estão aumentando. No Brasil, a comercialização de lâmpadas de LED tem aumentado de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux), atualmente, as lâmpadas de LED representam 10% do mercado total (MOREIRA, 2015).

Nos EUA por exemplo a General Electric está acelerando o tempo de mudança para tecnologias mais eficientes, fazendo desaparecer as lâmpadas fluorescentes compactas das prateleiras norte-americanas até 2017. A General Electric anunciou que até o fim deste ano

encerrará a produção das fluorescentes no país para se focar apenas na Tecnologia LED como modelo de lâmpada eco-consciente (KASTRENAKES, 2016).

O único ponto desfavorável é o alto custo de aquisição destes equipamentos, porém com os incentivos de produção tendem a melhorar.

A sua longa vida útil e maior eficiência energética evidencia superioridade quando comparadas com as lâmpadas incandescentes, no entanto o uso destas novas tecnologias traz comprometimento ao que se refere qualidade de energia ofertada e conseqüentemente injetada na rede do sistema onde elas são empregadas devido ao surgimento de distorções indesejadas e ao baixo fator de potência (BRAGA et al., 2014).

REFERÊNCIAS

ACHÃO, C.; SCHAEFFER, R. (2009). Decomposition analysis of the variations in residential electricity consumption in Brazil for the 1980-2007 period: Measuring the activity, intensity and structure effects. **Energy Policy**, 37(12), 5208–5220. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.043>> Acessado em: 24 Maio. 2016.

AEDENAT; CODA, C.S DE CCOO; UGT. **Ante el cambio climático, menos CO2**, 1998.

ALMEIDA, M.A.; SCHAEFFER, R.; LA ROVERE, E.L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil. **Energy**, v.26, n.

AMAN, M. M. et al. Analysis of the performance of domestic lighting lamps. **Energy Policy**, London, v. 52, p.482-500, jan. 2013.

ANACE – Associação Nacional de Consumidores de Energia. Perguntas Frequentes. São Paulo, 2016. Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.anacebrasil.org.br/portal/index.php/faqs/1-energia-eletrica/20-o-que-e-acionamento-de-energia-eletrica>> Acessado em: 24 Maio. 2016.

ARGENTINA, Secretaria de Energia. Programa de calidad de artefactos energéticos-PROCAE, **Estudio de impactos em redes de distribución y médio ambiente debidos al uso intensivo de lámparas fluorescentes compactas**. Buenos Aires, 2006. 120p.

BITZER, C. Qualidade e Energia e Harmônicas nos Sistemas Elétricos, Boletim da Engenharia, N18, pp. 1-4, 2004.

BOLLEN, M.; MATH, H. J. **Understanding Power Quality Problems**. P. M. Anderson, Series Editor. IEEE press Editorial Board. NY USA. 2000.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2012: ano base 2011**. Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2012a. 282p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>.> Acessado em: 9. dez. 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2015: ano base 2014**. Relatório Final. Brasília-DF: EPE, 2015a. 291p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>> Acessado em: 9. dez. 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo da energia no Brasil: Análises Setoriais**. Nota Técnica DEA 10/14. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 116p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>> Acessado em: 5. Nov. 2015.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2008a.

BRAVO, R. J.; ABED, N. Y. Experimental evaluation of the harmonic behavior of LED light bulb. **IEEE Power and Energy Society General Meeting**, Santo André, 2013. Disponível em:

<<http://doi.org/10.1109/PESMG.2013.6672991>>.

Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 8, p. 4107-4120, 2007.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais**. 18. ed. São Paulo: Érica Ltda 2008. 422p.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Crise Hídrica no Sudeste Brasileiro**. Florianópolis, 13 ago 2015. Publicações. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/20142015-crise-hidrica-no-sudeste-brasileiro/>> Acessado em: 02 fev. 2016

Comparison Chart LED Lights vs. Incandescent Light Bulbs vs. CFLs. Disponível em: <<http://www.designrecycleinc.com/LED%20comp%20chart.html>> Acessado em: 07 abr. 2016 4, p. 413-29, 2001.

CPFL. Companhia Paulista de Força e Luz. **Cartilha de utilização consciente da energia elétrica**. 2013. Disponível em: <<http://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/legislacao/download-manual-pee-aneel/Documents/Cartilha.pdf>> Acesso em: 15 de abril de 2014.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC 2007. 428p.

DAMATO, J. **Conservação de energia em sistemas de iluminação pública e os seus efeitos na rede elétrica de distribuição**, 2005. 130 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica da UNESP, Guaratinguetá, 2005.

DUGAN, R.C. et. al, *Electrical Power Systems Quality*, second edition, McGraw-Hill. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. **Matrizes energéticas no brasil: cenário 2010-2030**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. 15.

EPE. 2012. **Projeção da Demanda de Energia Elétrica 2011-2020**. Rio de Janeiro: s.n., 2012.

EPE. 2015. **Balanço Energético Nacional ano base 2014**. Brasília - DF: s.n., 2015

EPE. 2015. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024)** Rio de Janeiro: s.n., 2015.

EPE. 2016. **Resenha Mensal de Consumo de Energia Elétrica da Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/ResenhaMensualConsumodeenergiael%C3%A9tricaficaest%C3%A1velemjunho.aspx>>. Acesso em 02/08/2016.

FEDRIGO, N. et al. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**. Florianópolis: 2009. 94p.

FEITOSA, C. Crise hídrica começou em abril de 2012, mostram dados de satélite. **Observatório do Clima**, Brasília-DF, 6 nov. 2015. Publicações.

FERRAZ FILHO, R.; PATELLO DE MORAES, M. **Energia Elétrica: Suspensão e Fornecimento**. São Paulo: LTr, 2002. 189p.

FIGUEIREDO, A. “**Análise de Modelos para Cargas Não Lineares no Estudo Trifásico de Penetração Harmônica**”, 2006. 132f. Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica da UNESP, Ilha Solteira, 2006.

GHISI, E.; GOSCH, S.; LAMBERTS, R. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 8, p. 4107-41020, 2007.

GROSSO, G. LEDs à margem da qualidade. **Jornal da Instalação**, São Paulo, 2015. Artigos Técnicos. Disponível em: <http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id_secao=2&pg=3>. Acesso em: 12 maio 2016.

HAGE, J. A estratégia brasileira para a energia e logística: breves comentários. In: MENEZES, Wagner. Estudos de direito internacional: anais do 6º Congresso Brasileiro de Direito Internacional. Curitiba: Juruá, 2008. p. 251-261 – v. XIII.

HAUBERT, M. Região Sudeste vive a pior crise hídrica em 84 anos, afirma ministra. **Folha de Sao Paulo**, Sao Paulo, 23 jan. 2015. Cotidiano, Secao Cotidiano, p. 1.

JANNUZZI, G.M.; SCHIPPER, L. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. **Energy Policy**, v. 19, n. 9, p. 879-91, 1991.

KASIER, G. “Lighting in and around the home”, **Leonardo Energy**, Cu0239, pp. 1–4, 2016.

KASTRENAKES, J. GE is phasing out CFL bulbs so that LED can take off. **The Verge**, New York, 1 fev. 2016. Tech, p.1. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2016/2/1/10881762/ge-phasing-out-cfl-in-favor-of-LED-light-bulbs>>. Acessado em: 18 jun. 2016.

INMETRO, Portaria n. 389, **Regulamento Técnico da Qualidade para Lâmpadas LED com Dispositivo Integrado à Base**, 2014.

LEONELLI, P. A. **Uso eficiente de energia elétrica no setor residencial - uma análise do comportamento do consumidor**. 1999. 137 f. Tese Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPEE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

LOSADA y GONZALEZ, M.; PIRES, I.A.; SILVA, S. R. “Medições de Correntes Harmônicas em Aparelhos Eletrodomésticos”. Revista Eletricidade Moderna, nº 382, pp 110-123, jan. 2006

MANDELMAN, M. **Análise Crítica da Matriz Energética Brasileira e a Implementação de “Smart Grid”**. 2011. 104 f. Dissertacao Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, Taubaté, 2011.

MARTINEZ, L.; TOMIOKA, P. J. (2009). Estudo da Estrutura do White Light Emitting Diode

– White LED. In II Simpósio de Iniciação Científica (SIC) UFABC. Santo André (p. 13). Disponível em: <http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_89.pdf>.

MDIC, Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Cartilha de Lâmpadas LED, 2016.

MME, Ministério de Minas e Energia, Matriz energética nacional 2030, Eletrobrás. 2007.

MME. 2016. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Secretaria de Energia Elétrica - Depto de Monitoramento do Sistema Elétrico, Ministério de Minas e Energia. Brasília - DF: s.n., 2016. p. 17

MME. Ministério das Minas e Energia, Brasil. **Plano Energia Brasil – Eficiência Energética**. Brasília, DF: MME, dezembro 2001.

MOREIRA, B. Certificação para LEDs agora é obrigatória, **Portal O Setor Elétrico**, São Paulo, Maio 2015. Setor Elétrico, p.1. 112 Ed. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-revista/1685-certificacao-para-LEDs-agora-e-obrigatoria.html>>. Acessado em: 18 jun. 2016.

MORENO, H. **Harmônicas nas Instalações Elétricas**. 1. ed. São Paulo: Procobre, 2001. 65 p.

PIRES, I. **Caracterização de harmônicos causados por equipamentos eletro-eletrônicos residenciais e comerciais no sistema de distribuição de energia elétrica**. 2006. 173 f. Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica da UFMG, Belo Horizonte, 2006.

PROCELINFO, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, MME, Eletrobrás, 1993.

REIS, L.; FADIGAS, E.; CARVALHO, C. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. rev. atual. Barueri, SP: Manole, 2012.

ROCHA DOS SANTOS, R.; MALDONADO ASTORGA, O.; VIEIRA, N.; HADDAD, J. Análise do desempenho energético do Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL In: **Book of Abstracts and Proceedings of 11th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission: CLAGTEE 2015** ISBN 9788561065027. 11 Ed. São José dos Campos: UNESP, 2015.

SEGURA, M. L. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XV, n. 96, jan 2012. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11039>. Acesso em: 10 jun. 2016.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estud. - CEBRAP**, São Paulo, n. 79, p. 47-69, Nov. 2007 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000300003>> Acessado em: 10 Maio. 2016.

VIANA, A. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos E Aplicações**. Campinas, SP: ELEKTRO, 2012.

VITOUSEK, P. M.; ABER, J. D.; HOWARTH, R. W.; LIKENS, G. E.; MATSON, P.A.; SCHINDLER, D.W; SCHINDLER, W.H.; TILMAN, D. G. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. **Ecology**, Appl. 7, 737-750, 1997.