

# Impacto de Cargas Eletrônicas Residenciais e Comerciais Eficientes e Não-lineares no Sistema de Distribuição

## Parte I – Medições de Amostras de Cargas Individuais (Eletrodomésticos)

M. L. y Gonzalez, S. Visacro F., P. C. A. de Almeida e I. A. Pires

**Resumo-** Neste trabalho os autores descrevem os aspectos da investigação que realizam no tema “Impacto de Cargas Eletrônicas Residenciais e Comerciais Eficientes e Não-lineares no Sistema de Distribuição” e apresentam os primeiros resultados do projeto, ora em desenvolvimento. Particularmente é enfatizada a primeira atividade de medições, relativa às medições individuais de amostras de cargas (eletrodomésticos). São apresentados resultados obtidos de tensão, corrente, harmônicas de tensões e correntes, distorções harmônicas totais de tensões e correntes em lâmpadas fluorescentes convencionais e compactas, televisores, geladeiras, ferro de passar roupa, microcomputadores e aparelhos de ar condicionado. Estas medições permitirão avaliar o impacto das cargas no sistema de distribuição.

**Palavras-chave**—Cargas eletrônicas não lineares, Cargas residenciais e comerciais, Eficiência energética, Impacto de cargas, Sistema de distribuição.

### I. INTRODUÇÃO

Recentemente tem havido uma expansão crescente do uso de cargas eletrônicas eficientes e não lineares nas instalações dos consumidores residenciais e comerciais. Estas cargas podem gerar componentes harmônicas, capazes de causar problemas de natureza diversa no sistema de distribuição de energia elétrica. Apenas a título ilustrativo, podem-se citar alguns efeitos indesejáveis relacionados às harmônicas [1-5]:

- (a) Erros nos valores de faturamento relativos ao consumo de energia - Os medidores de kWh po-

dem apresentar erros significativos na presença de distorções harmônicas altas ( $DHT > 20\%$ ). Conseqüentemente, os valores medidos e faturados de energia podem ser diferentes daqueles do consumo real, acarretando prejuízos para a concessionária ou consumidor;

- (b) Aumento de perdas de energia e redução da tensão de distribuição - Nos sistemas trifásicos a quatro fios, pode haver um aumento significativo da corrente de neutro em decorrência das harmônicas. Isto pode promover o aquecimento excessivo do condutor e conseqüente aumento das suas perdas elétricas e da queda de tensão ao longo da rede;
- (c) Diminuição do tempo de vida útil dos transformadores de distribuição - Nos transformadores de força, as harmônicas podem promover correntes parasitas adicionais que aumentam as perdas por histerese/Foucault e por aquecimento, causando saturação nos mesmos e diminuindo seus tempos de vida útil;
- (d) Riscos aos bancos de capacitores do sistema - Os bancos de capacitores podem ser danificados com as componentes harmônicas, ou podem ser desligados do sistema elétrico, trazendo prejuízos de faturamento e qualidade de energia para a concessionária e o consumidor;
- (e) Interferências com sinais de comunicação - As harmônicas de ordem elevada podem interferir em circuitos de comunicação próximos aos condutores elétricos.

---

M. L. y Gonzalez: Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG; Pesquisador do LRC – Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Descargas Atmosféricas (UFMG-CEMIG). E-mail: [manuel@cpdee.ufmg.br](mailto:manuel@cpdee.ufmg.br).

S. Visacro F.: Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG; Pesquisador e Coordenador do LRC – Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Descargas Atmosféricas (UFMG-CEMIG). E-mail: [Lrc@cpdee.ufmg.br](mailto:Lrc@cpdee.ufmg.br).

P.C.A. de Almeida, chefe do Departamento de Engenharia da Empresa Luz e Força Santa Maria – ELFSM ([engenharia@elfsm.com.br](mailto:engenharia@elfsm.com.br)) e coordenador do projeto de P&D.

I. A. Pires, mestrando em Engenharia Elétrica no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG. E-mail: [igor@cpdee.ufmg.br](mailto:igor@cpdee.ufmg.br).

A carência de investigações aprofundadas no tema, que complementem as condições particulares do sistema de distribuição da Empresa Luz e Força Santa Maria -ELFSM, motivou esta Empresa a formular o projeto “Impacto de cargas eletrônicas residenciais e comerciais eficientes e não lineares no sistema de distribuição”. Este projeto está atualmente em desenvolvimento, através de parceria com o LRC – Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Descargas Atmosféricas. O projeto tem duração de 2 anos, e o primeiro ciclo foi basicamente dedicado a quatro tarefas

(etapas) básicas: uma avaliação crítica do tema, com exaustiva pesquisa bibliográfica; a identificação de cargas eletrônicas residenciais e comerciais eficientes e não lineares; medições individuais de amostras de cargas (eletrodomésticos) e medições das cargas em alimentadores típicos. Todos os tópicos foram abordados em relatórios técnicos dirigidos à ELFSM [6-9].

O presente artigo é especificamente dedicado à apresentação de resultados obtidos na etapa de medições individuais de amostras de cargas (eletrodomésticos). Um segundo artigo [10] mostra os resultados obtidos nas medições das cargas em alimentadores típicos. O artigo [11] também apresenta resultados relativos ao primeiro ciclo.

## II. A METODOLOGIA

Para se avaliar o impacto das cargas eletrônicas residenciais e comerciais eficientes e não-lineares no sistema de distribuição, torna-se necessário identificar todas as cargas, ou pelo menos as cargas mais significativas, classificando-as em cargas lineares e não lineares. Em seguida, avaliar suas potências, correntes nominais, harmônicas, DHT's e modos de operação.

Conforme [12], cargas não-lineares são aquelas que têm uma corrente não-senoidal quando submetidas a uma fonte de tensão senoidal. Uma DHT é determinada por:

$$DHT = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n X_h^2}}{X_1} \quad (1)$$

onde X é tensão (V) ou corrente (I) e h é o número da harmônica. Com esses parâmetros, e através de simulações computacionais, pode-se avaliar o impacto das cargas eletrônicas no sistema de distribuição.

Neste projeto, foram identificadas as cargas típicas indicadas pelos consumidores da ELFSM, através das solicitações de novas ligações feitas nos últimos anos. Com a relação das cargas, fez-se medições individuais das mesmas, em laboratório e nas próprias instalações da Concessionária.

## III. AS MEDIÇÕES

As medições de tensão, corrente, harmônicas e DHT's de tensão e corrente foram feitas nas cargas apresentados na Tabela I. Os tempos de medição foram basicamente escolhidos, considerando-se a forma de funcionamento de cada carga (funcionamento constante ou não constante- ex.: geladeira com e sem compressor ligado) e modos de funcionamento (ex.: ar-condicionado – resfriar e ventilar).

## IV. OS RESULTADOS

São apresentados, a seguir, os resultados das cargas seguintes:

- Lâmpadas fluorescentes convencionais
- Lâmpadas fluorescentes compactas
- Geladeiras
- Televisores
- Ferro de passar roupa

Microcomputadores  
Aparelhos de ar condicionado.

Estas cargas representam uma amostra significativa das cargas encontradas em ambientes residenciais e comerciais.

TABELA I  
RELAÇÃO DE CARGAS COM MEDIÇÕES EXECUTADAS

Item	Equipamentos	Item	
1	Aparelho de som	20	Lâmpada fluorescente
2	Ar-condicionado	21	Lâmpada Incandescente
3	Aspirador de pó	22	Lâmpada mista
4	Batedeira	23	Lâmpada de mercúrio
5	Bebedouro	24	Lâmpada de sódio
6	Cafeteira	25	Laptop
7	Chuveiro	26	Lavadora de roupas
8	Circulador de ar	27	Liquidificador
9	Computador	28	Microondas
10	Enceradeira	29	Radio relógio
11	Espremedor de laranja	30	Secador de cabelo
12	Exaustor	31	Tanquinho
13	Fax	32	Telefone sem fio
14	Ferro de passar roupas	33	Televisor
15	Freezer	34	Torradeira
16	Frigobar	35	Ventilador de teto
17	Geladeira	36	Ventilador pequeno
18	Impressora	37	Vídeo cassette
19	Lâmpada FLC	38	Vídeo game

### A. Lâmpadas Fluorescentes Convencionais

As lâmpadas fluorescentes convencionais podem trabalhar tanto com reatores eletromagnéticos como reatores eletrônicos. Mantendo-se a temperatura ambiente e a tensão constantes, esta carga se comporta como uma carga de potência constante.

Para as medições de lâmpadas com reatores eletromagnéticos foram avaliadas 5 amostras, cujos resultados são apresentados nas Figuras 1 a 4 e na Tabela II. As Figuras 1 e 2 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente na amostra 5, durante o período de medição. A Figura 3 mostra a forma de onda de corrente típica na alimentação do conjunto reator-lâmpada para estas 5 amostras. A Figura 4 apresenta os valores médios das harmônicas de corrente para as amostras. Pode-se notar na Tabela II que as DHT's são relativamente baixas.

Para medições de lâmpadas com reatores eletrônicos foram avaliadas 4 amostras, sendo os resultados mostrados nas Figuras 5 a 10 e na Tabela III. As Figuras 5, 6 e 7 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente e a forma de onda de corrente na amostra 1, durante o período de medição. A Figura 8 apresenta os valores médios de suas harmônicas nas três primeiras amostras. As Figuras 9 e 10 apresentam a forma de onda de corrente típica na alimentação do conjunto reator-lâmpada para a quarta amostra e suas harmônicas.

Para as três primeiras amostras pode-se notar, na Tabela III, que as DHT's são todas superiores a 100%. Entretanto, a 4ª amostra apresentou baixa distorção harmônica pois agrega tecnologia mais moderna.



Figura 1. Valor eficaz de tensão aplicada em lâmpada fluorescente convencional com reator eletromagnético da amostra 5



Figura 2. Valor eficaz de corrente obtido em lâmpada fluorescente convencional com reator eletromagnético da amostra 5

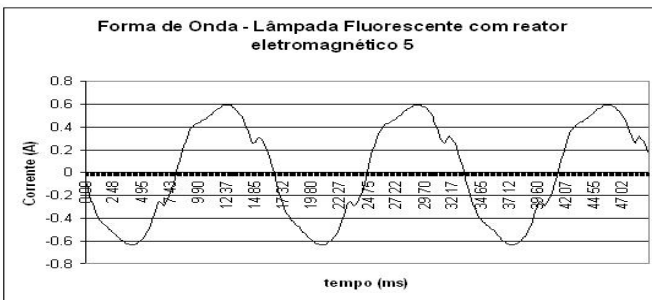


Figura 3. Onda de corrente típica de lâmpadas fluorescentes com reator eletromagnético

TABELA II  
DHT'S DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COM REATOR ELETROMAGNÉTICO

No.	Fabricante/tipo	Lâmpadas	DHT (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4.09	5.45
2	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4.30	11.25
3	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4.00	12.30
4	Fabricante 1 – tipo 3	1 x 40W	4.19	12.20
5	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 20W	4.01	11.70

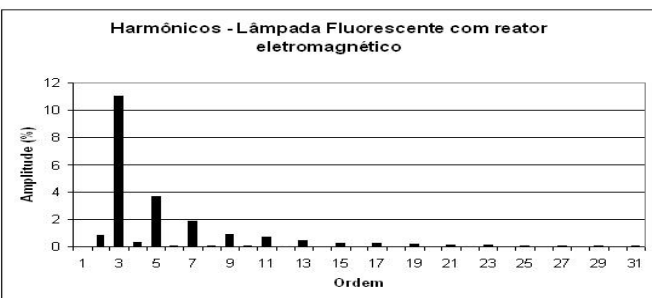


Figura 4. Valores médios de harmônicas das lâmpadas fluorescentes com reator eletromagnético

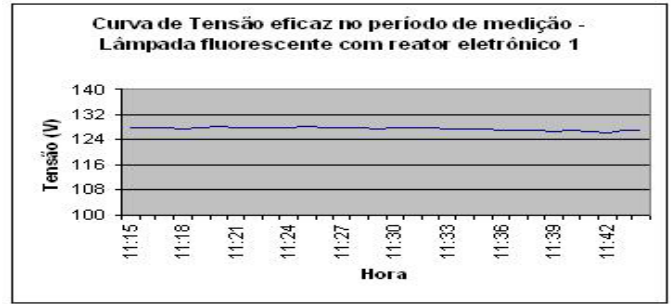


Figura 5. Valor eficaz de tensão aplicada em lâmpada fluorescente convencional com reator eletrônico da amostra 1



Figura 6. Valor eficaz de corrente obtido em lâmpada fluorescente convencional com reator eletrônico da amostra 1

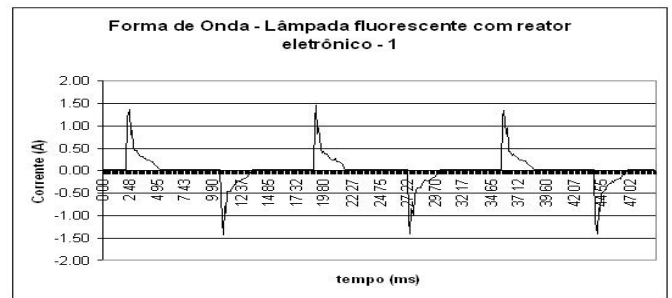


Figura 7. Onda de corrente típica de lâmpadas fluorescentes com reator eletrônico da amostra 1

TABELA III  
DHT'S DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COM REATOR ELETRÔNICO

No.	Fabricante/tipo	Lâmpadas	DHT (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4.16	131.83
2	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4.31	125.86
3	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4.23	103.88
4	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 40W	4.37	15.78

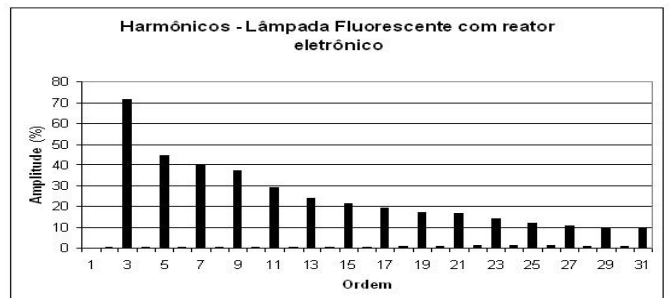


Figura 8. Valores médios de harmônicas das 3 primeiras amostras de lâmpadas fluorescentes com reator eletrônico

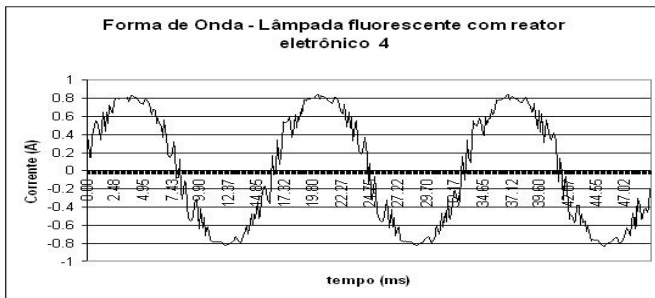


Figura 9. Onda de corrente de lâmpada fluorescente com reator eletrônico da 4ª. Amostra

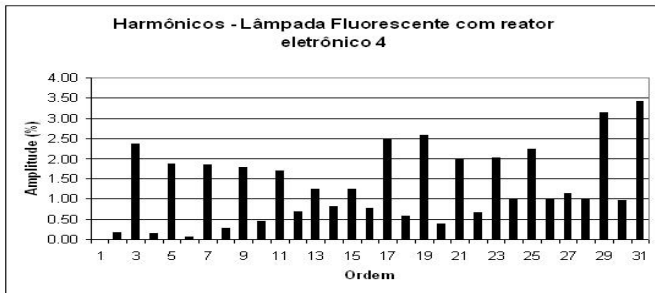


Figura 10. Harmônicos da onda de corrente da lâmpada fluorescente da 4ª. Amostra

### B. Lâmpadas Fluorescente Compactas

Estas cargas são não lineares [13,14], como foi confirmado através de medições feitas em 7 amostras de lâmpadas, como mostrado na Tabela IV. Os resultados das medições são apresentados nas Figuras 11 a 14 e na tabela IV. As Figuras 11 e 12 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente na amostra 5, durante o período de medição. A Figura 13 apresenta a forma de onda de corrente típica nestas lâmpadas. A tabela IV mostra as DHT's, tanto de tensão quanto de corrente obtidas. A Figura 14 apresenta os valores médios das harmônicas de corrente para as amostras. Pode-se notar que, a menos de uma lâmpada, todas têm DHT's de corrente superiores a 100%.

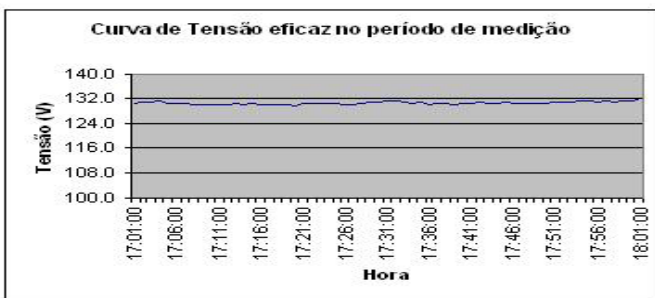


Figura 11. Valor eficaz de tensão aplicada na amostra 5 das lâmpadas fluorescentes compactas



Figura 12. Valor eficaz de corrente obtido na amostra 5 das lâmpadas fluorescentes compactas

TABELA IV  
DHT'S DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

No.	Fabricante/tipo	Potência (W)	DHT (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	5	3.91	103.1
2	Fabricante 2 – tipo 1	11	4.11	89.6
3	Fabricante 3 – tipo 1	15	4.36	105.1
4	Fabricante 4 – tipo 1	15	4.21	111.2
5	Fabricante 5 – tipo 1	15	4.30	133.3
6	Fabricante 6 – tipo 1	18	4.40	126.9
7	Fabricante 5 – tipo 2	25	4.21	115.0

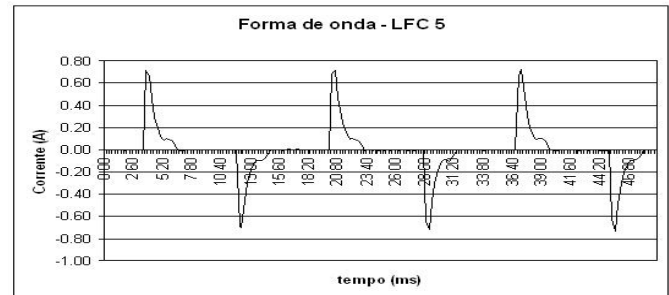


Figura 13. Onda de corrente típica de lâmpadas fluorescentes compactas

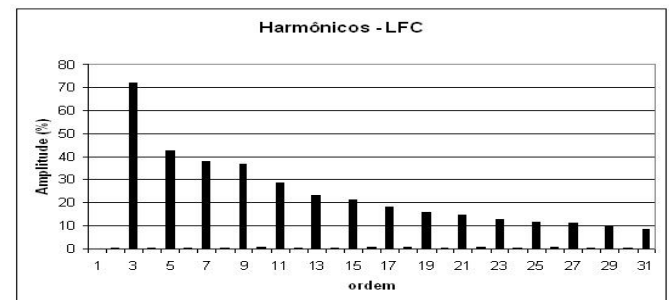


Figura 14. Valores médios de harmônicas das amostras das lâmpadas fluorescentes compactas

### C. Geladeiras

Foram feitas medições em geladeiras de uma e duas portas, em um total de 5 amostras, como mostrado na tabela V. Os resultados das medições são apresentados nas Figuras 15 a 18 e na tabela V. As Figuras 15 e 16 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente nas amostra 4. As geladeiras possuem dois estados bem distintos de funcionamento: sem o compressor ligado e com o compressor ligado, como pode ser visto na Figura 16. Quando o compressor está desligado, a geladeira fica desligada, e, conseqüentemente, para geladeiras sem controle eletrônico, a corrente é zero. Para a situação de compressor ligado, esta corrente é diferente de zero.



Figura 15. Valor eficaz de tensão aplicada na amostra 3 de geladeiras

A tabela V apresenta as DHT's, tanto de tensão quanto de corrente das amostras analisadas. A Figura 18 apresenta os valores médios das harmônicas de corrente para as amostras.

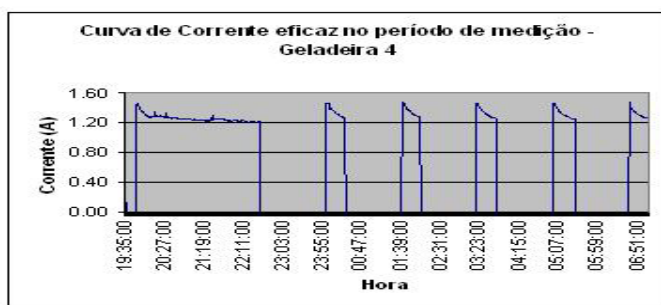


Figura 16. Valor eficaz de corrente obtido na amostra 3 de geladeiras

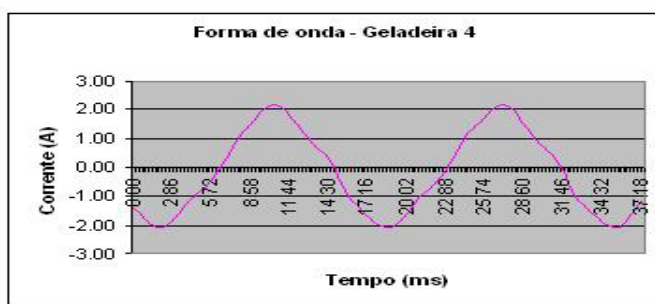


Figura 17. Onda de corrente típica de geladeira

TABELA V  
DHT'S DE GELADEIRAS

No.	Fabricante / tipo	Portas	DHT (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1	1.13	4.74
2	Fabricante 1 – tipo 2	1	3.84	8.01
3	Fabricante 1 – tipo 3	1	4.10	15.80
4	Fabricante 1 – tipo 4	1	3.10	8.50
5	Fabricante 2 – tipo 1	2	2.60	8.30

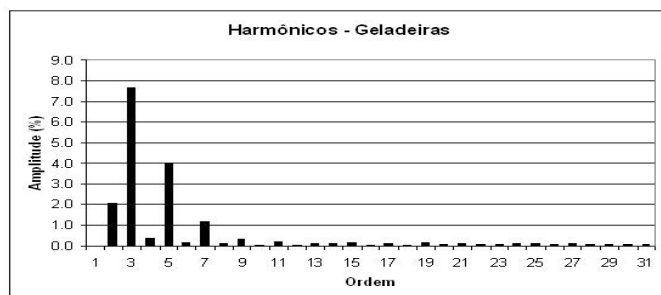


Figura 18. Valores médios de harmônicas das amostras de geladeiras

#### D. Televisores

Foram medidos televisores com várias dimensões de tela, em um total de 5 amostras, como mostrado na tabela VI. Os resultados das medições são apresentados nas Figuras 19 a 22 e na tabela VI. As Figuras 19 e 20 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente nas amostra 3. Os televisores possuem dois estados bem distintos de funcionamento: des-

ligado (em “stand by”) e ligado, como pode ser visto na Figura 20. Quando em stand by, existe um pequeno consumo necessário para manter a memória de funções definidas pelo usuário (canal, hora etc), e, conseqüentemente, existe um pequeno consumo de energia e uma pequena corrente. Para a situação ligado, esta corrente é bem diferente de zero.

A figura 21 apresenta uma forma de onda típica de corrente dos televisores analisados. A tabela VI mostra as DHT's, tanto de tensão quanto de corrente, enquanto que a figura 22 apresenta os valores médios das harmônicas de corrente para as amostras. Analisando a tabela VI, nota-se que apenas um televisor apresenta DHT inferior a 100%.



Figura 19. Valor eficaz de tensão aplicada na amostra 3 de televisores

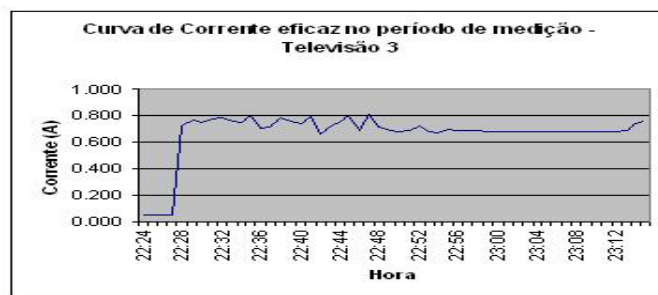


Figura 20. Valor eficaz de corrente obtida na amostra 3 de televisores

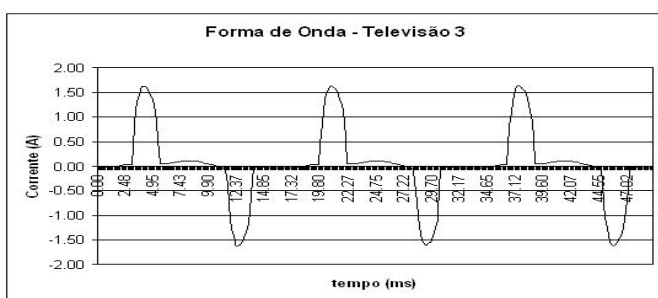


Figura 21. Onda de corrente típica de televisores

TABELA VI  
DHT'S DE TELEVISORES

No.	Fabricante / tipo	Polegadas	DHT (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	14	1.07	111.63
2	Fabricante 2 – tipo 1	14	2.98	103.29
3	Fabricante 3 – tipo 1	14	3.03	95.96
4	Fabricante 4 – tipo 1	20	2.90	103.00
5	Fabricante 5 – tipo 1	20	1.69	136.17

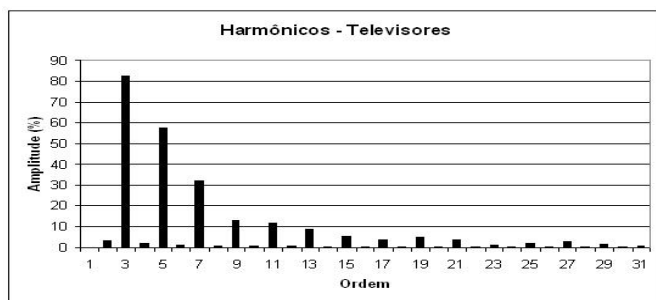


Figura 22 - Valores médios de harmônicas das amostras de televisores

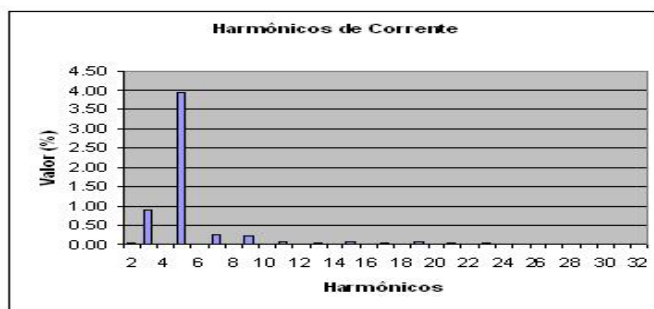


Figura 26 - Valores de harmônicas do ferro de passar roupa

### E. Ferro de passar roupa

Foi feita apenas uma medição de um ferro de passar roupa, cujos resultados são mostrados nas figuras 23 a 26. As Figuras 23 e 24 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente. Esta carga possui uma forma de funcionamento não constante no tempo, como pode ser visto na Figura 24. Ora o ferro está ligado, ora desligado. Quando desligado, sua corrente é igual a zero.

A figura 25 apresenta a forma de onda de corrente. Nesta forma de onda tem-se um DHT de 4,13%, para um DHT de tensão de 4,14%. A figura 26 apresenta os valores de harmônicas de corrente, que coincidem com os valores da onda de tensão, pois ambos têm os mesmos DHT's e representam uma carga linear.

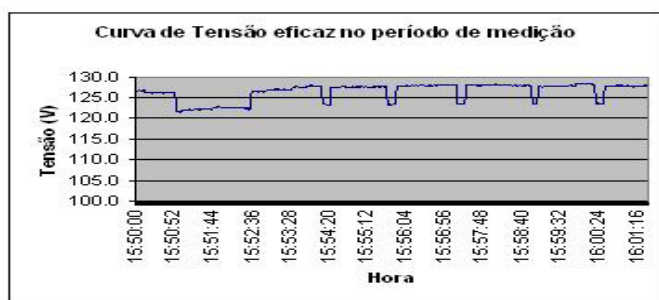


Figura 23. Valor eficaz de tensão aplicada no ferro de passar roupa

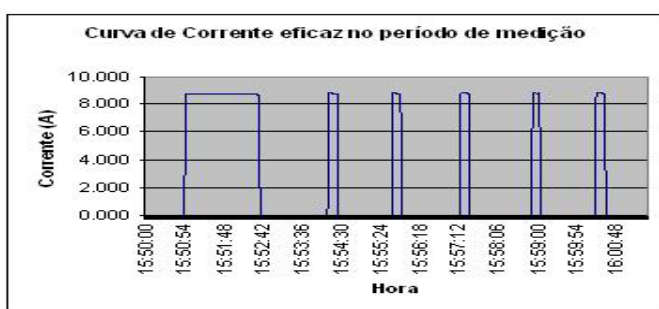


Figura 24. Valor eficaz de corrente obtida no ferro de passar roupa

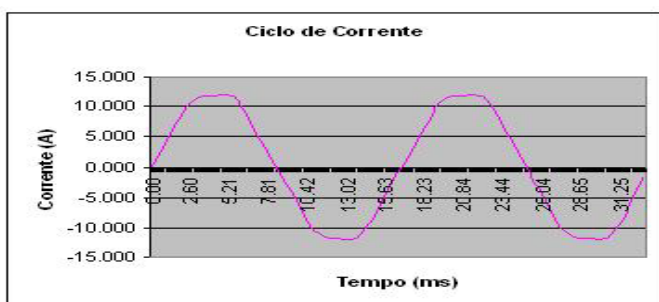


Figura 25. Onda de corrente do ferro de passar roupa

### F. Microcomputadores

Foram feitas também medições em 7 amostras de microcomputadores, como mostrado na Tabela VII. Os microcomputadores também são cargas não lineares [15]. Isto foi confirmado nas medições das amostras, envolvendo microcomputadores Pentium 1, 3 e 4, e Athlon de 1.8 GHZ. Os resultados das medições são apresentados Figuras 27 a 30 e na tabela VII. As Figuras 27 e 28 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente na amostra 3. A figura 29 mostra uma curva típica da onda de corrente. A tabela VII apresenta as DHT's, tanto de tensão quanto de corrente. A Figura 30 mostra os valores médios dos harmônicos de corrente para as amostras.

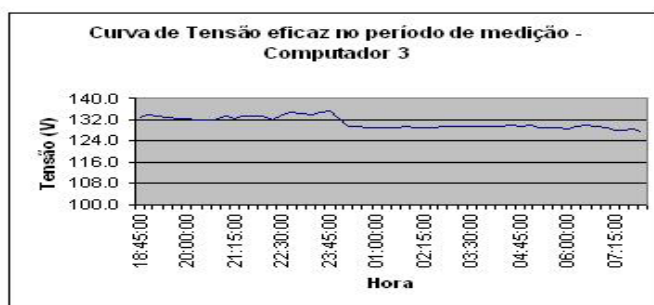


Figura 27. Valor eficaz de tensão aplicada na amostra 3 de microcomputadores

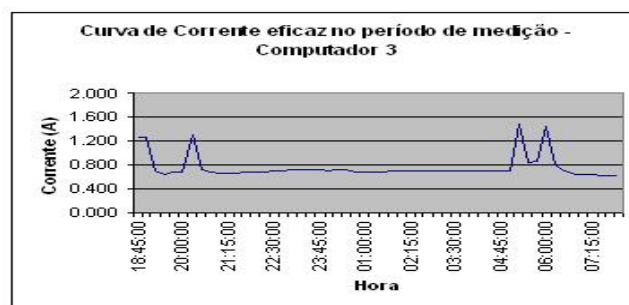


Figura 28. Valor eficaz de corrente obtida na amostra 3 de microcomputadores

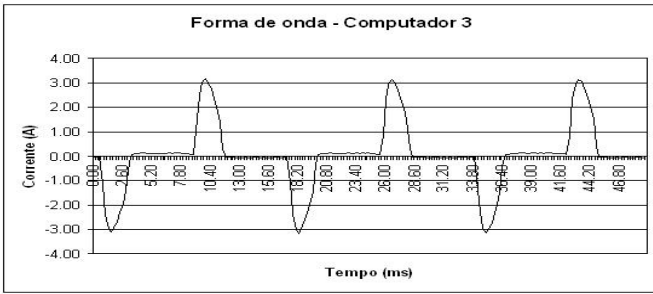


Figura 29. Onda de corrente do microcomputador 3



Figura 31. Valor eficaz de tensão aplicada na amostra 9 de aparelhos de ar condicionado

TABELA VII  
DHT'S DE MICROCOMPUTADORES

No.	Fabricante/tipo	DHT (%)	
		V	I
1	Athlon 1.8 GHz	3.81	89.3
2	Pentium 166 MHz – monitor 14"	4.07	98.5
3	Pentium 300 MHz – monitor 14"	3.10	98.1
4	Pentium 3 – 1 GHz – monitor 15"	3.66	114.3
5	Pentium 3 – 1 GHz – monitor 17"	3.75	94.1
6	Pentium 4 – 2.7 GHz - monitor 17"	3.78	120.0
7	Pentium 4 – 3 GHz – monitor 17"	4.80	101.1



Figura 32. Valor eficaz de corrente obtida amostra 9 de aparelhos de ar condicionado

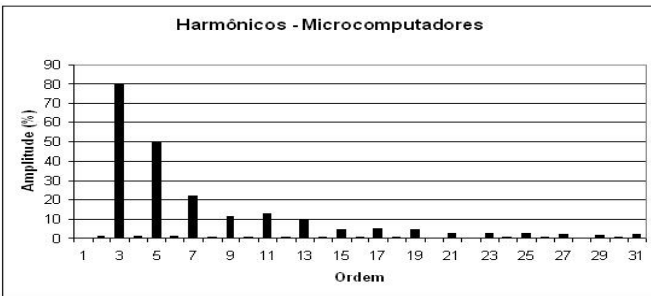


Figura 30.- Valores médios de harmônicos das amostras dos microcomputadores

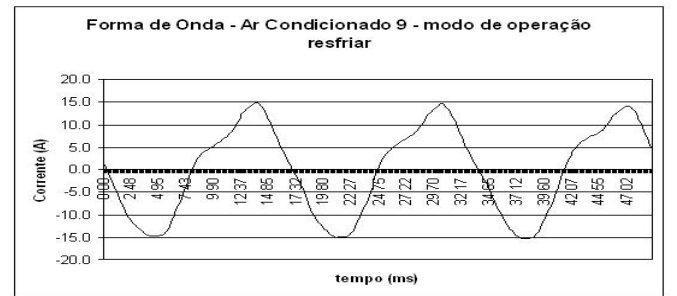


Figura 33. Onda de corrente do aparelho de ar condicionado no modo de operação "resfriar"

G. Aparelhos de ar condicionado

Aqui foram medidos aparelhos de ar condicionado tipo janela, em um total de 9 amostras, como mostrado na tabela VIII. Essas cargas possuem dois estados bem distintos de funcionamento: resfriar e ventilar.

Os resultados das medições são apresentados nas Figuras 31 a 36 e na tabela VIII. As Figuras 31 e 32 apresentam os valores eficazes de tensão e corrente na amostra 9. As Figuras 33 e 34 apresentam as formas de onda típicas de corrente nos dois estados de funcionamento: resfriar e ventilar. As Figuras 35 e 36 apresentam os valores médios das harmônicas de corrente para as amostras. A tabela VIII apresenta as DHT's, tanto de tensão quanto de corrente. Analisando a tabela VIII, observa-se que as DHT's de corrente no modo de operação "resfriar" são bem superiores aos DHT's no modo de operação "ventilar".

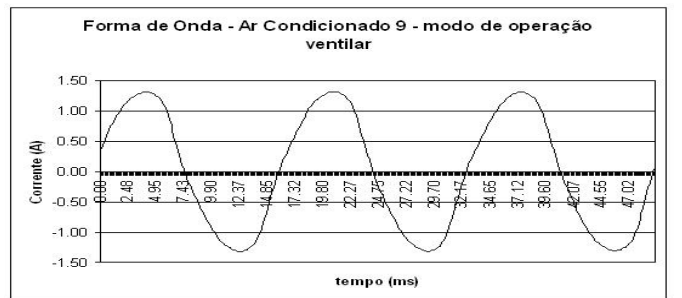


Figura 34. Onda de corrente do aparelho de ar condicionado no modo de operação "ventilar"

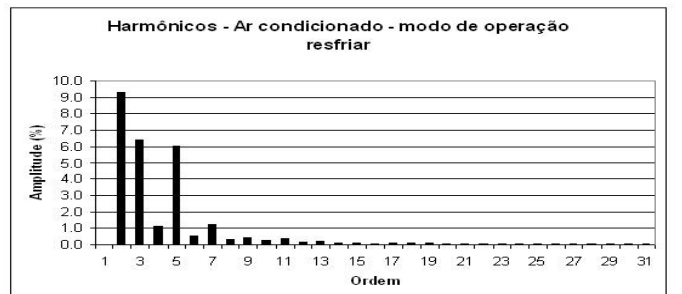


Figura 35. Valores médios de harmônicas das amostras dos aparelhos de ar condicionado no modo de operação "resfriar"

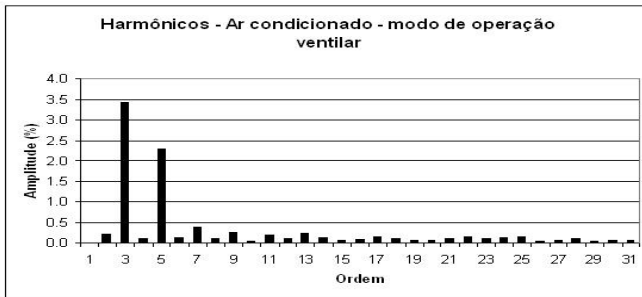


Figura 36. Valores médios de harmônicas das amostras dos aparelhos de ar condicionado na situação de ventilar

TABELA VIII  
DHT'S DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO – TIPO JANELA

No.	Fabri- cante	Tipo	BTU	Resfriar		Ventilar	
				DHT (%)		DHT (%)	
				V	I	V	I
1	1	1	7500	3.20	12.70	3.40	5.40
2	2	1	7500	1.21	11.26	1.37	1.89
3	2	2	7500	1.60	13.08	1.59	5.21
4	2	3	10500	3.90	12.20	-	-
5	2	4	10500	3.10	15.40	-	-
6	2	5	15000	3.80	16.30	3.50	4.90
7	2	6	18000	1.54	10.65	1.63	2.07
8	1	2	18000	0.85	15.38	0.76	6.05
9	1	3	21000	1.15	17.31	1.10	7.87

## V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma amostra dos resultados de medições de amostras de cargas individuais (eletrodomésticos). Estas medições foram feitas no primeiro ano do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento entre a ELFSM e a UFMG, intitulado “Impactos de Cargas Eletrônicas Residenciais Comerciais Eficientes e Não-Lineares no Sistema de Distribuição”.

Resultados de medições de valores eficazes de tensão e corrente, formas de onda de tensão e corrente, distorções harmônicas totais de tensão e corrente em lâmpadas fluorescentes convencionais e compactas, televisores, geladeiras, ferro de passar roupa, microcomputadores e aparelhos de ar condicionado (tipo janela) são apresentados neste trabalho.

Todas as medições permitirão avaliar o impacto das cargas eletrônicas eficientes e não lineares no sistema de distribuição da ELFSM.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. E. Wagner, J. C. Balda, T. M. Barnes, A. E. Emanuel, R. J. Ferraro, D. C. Griffith, D. P. Hartmann, W. F. Horton, W. T. Jewell, A. McEachern, D. J. Phileggi, W. E. Reid, "Effects of Harmonics on Equipment – Report of the IEEE Task Force on the Effects of Harmonics on Equipment", *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 8, pp. 672-680, Apr. 1993.
- [2] Procobre, “Harmônicas nas Instalações Elétricas”, Instituto Brasileiro do Cobre, São Paulo, Nov./2001.
- [3] P. H. R. P Gama, A. Oliveira, A. L. A. Vilaça, J. R. Cardoso, “Conservação de Energia e sua Relação com a Qualidade de Energia Elétrica”, apresentado no XV SNPTEE, STC/02, Foz de Iguaçu, Brasil, 1999.
- [4] G.A. Dentzien Dias, *Harmônicas em Sistemas Industriais*, 2a. Edição Revista e Ampliada, Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002, p. 284.
- [5] A. C. Delaiba, J. C. Oliveira, A. L. A. Vilaça, J. R. Cardoso, "The Effect of Harmonics on Power Transformers Loss of Life", in *Proc 38<sup>th</sup> Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 1, pp. 933-936, Rio de Janeiro, 1995.
- [6] I. A. Pires, M. L. y Gonzalez, S. V. Filho, “Compilação das Referências Bibliográficas”. Relatório Técnico. UFMG, outubro de 2004.
- [7] I. A. Pires, M. L. y Gonzalez, S. V. Filho, “Identificação de Cargas Eletrônicas Residenciais e Comerciais Eficientes e Não Lineares”. Relatório Técnico. UFMG, dezembro de 2004.
- [8] I. A. Pires, M. L. y Gonzalez, S. V. Filho, “Medições Individuais de Amostras de Cargas”. Relatório Técnico. UFMG, Janeiro de 2005.
- [9] I. A. Pires, M. L. y Gonzalez, S. V. Filho, “Medições das Cargas em Alimentadores Típicos”. Relatório Técnico. UFMG, Maio de 2005.
- [10] M. L. y Gonzalez, S. Visacro F., P. C. A. de Almeida, I. A. Pires, “Impacto de Cargas Eletrônicas Residenciais e Comerciais Eficientes e Não-lineares no Sistema de Distribuição - Parte II – Medições das cargas em alimentadores típicos”, submetido ao Comitê Técnico do III Citenel.
- [11] M. L. y Gonzalez, I. A. Pires, S. R. Silva, P. C. A. de Almeida, “Correntes Harmônicas em aparelhos eletrodomésticos”, apresentado no VI SBQEE, Brasil, set/2005.
- [12] *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE Standard 519-1992, Apr. 1993.
- [13] M.H. Sadek, A.A. Abbas, M.A. El-Sharkawy, H. M. Mashaly, “Impact of Using Compact Fluorescent Lamps on Power Quality”, *IEEE ICEEC'04*, pp. 941 – 946, 2004.
- [14] O. A. M Astorga “Um Estudo da Substituição das Lâmpadas Incandescentes por Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Instalações Elétricas Residenciais e o Compromisso entre Conservação e a Qualidade de Energia”, XVI SNPTEE, Campinas, São Paulo, 2001.
- [15] P.J. Moore, I. E Português, “The Influence of Personal Computer Processing Modes on Line Current Harmonics”, *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol. 18, No. 4, pp. 1363-1368, 2003.