

SENDI 2004

**XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Modelagem e Análise de Desempenho de fontes Chaveadas Frente a Distúrbios de  
Qualidade da Energia – Enfoque: Vídeo-Cassete**

**CARLOS E. TAVARES, JOSÉ C. DE OLIVEIRA, ANTÔNIO C. DELAIBA, RODRIGO A. PENICHE**

*Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Elétrica*  
*Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Bloco 3N CEP 38400-902,*  
*Uberlândia, MG, Brasil, +55-34-2394166*  
*E-mails: cetavares@eel.ufu.br, jcoliveira@ufu.br, delaiba@ufu.br,*  
*peniche@eel.ufu.br*

**ANTÔNIO F. M. NETO**

**LIGHT - Serviços de Eletricidade S.A.**  
Av. Marechal Floriano, 168, Rio de Janeiro R.J., Brasil, +55-21-2563.93802  
E-mail: *af.mello@lightrio.com.br*

**Resumo**— Este artigo contempla aspectos relacionados com a modelagem computacional, validação experimental e análise do desempenho de fontes chaveadas, quando submetidas a um suprimento de energia elétrica sob condições não-ideais. O equipamento empregado para os estudos corresponde um aparelho de vídeo-cassete, cuja entrada é constituída basicamente por uma fonte chaveada. Embora as exemplificações estejam dirigidas para tal produto, vale ressaltar que a metodologia e a análise aplicadas nesta investigação podem ser prontamente estendidas para outros equipamentos que utilizam a mencionada fonte de alimentação. Os procedimentos empregados consistem em estudos computacionais e experimentais, com o intuito de avaliar o desempenho do vídeo cassete quando este é submetido a: distorções harmônicas, flutuações de tensão, variações de tensão de curta duração, interrupções no fornecimento e tensões transitórias oscilatórias. Além das contribuições citadas, alicerçado nos resultados obtidos, são também definidos os limites de sensibilidade e suportabilidade operacional para este dispositivo quando da manifestação de afundamentos de tensão.

**Palavras-chave**— Desempenho de equipamentos, fontes chaveadas, modelagem computacional, Qualidade da Energia.

## 1 Introdução

Nos últimos anos, a qualidade da energia tem se tornado um dos temas mais importantes no relacionamento entre concessionárias de energia elétrica e consumidores. Com a evolução tecnológica, os aparelhos eletroeletrônicos estão cada vez mais complexos e menos toleráveis aos possíveis desvios na qualidade da tensão de suprimento. Uma vez submetidos a distúrbios na rede de alimentação, estes equipamentos podem operar inadequadamente ou mesmo sofrer algum dano físico em seus componentes internos mais sensíveis [1].

Os aparelhos de vídeo cassete ou VCR's (Vídeo Cassete Recorder) foram desenvolvidos na década de 70 e possuem grande aplicabilidade desde seu surgimento até os dias atuais. Sua capacidade de registrar sinais de áudio e vídeo transmitidos por televisão, e de reproduzir filmes e gravações amadoras, lhe garantiu ampla utilização no setor residencial e comercial. Para realizar estas funções, os VCR's usam uma tecnologia complexa onde sistemas micro-eletrônicos operam juntamente com sistemas servo-mecânicos de alta precisão. Portanto, para garantir o bom funcionamento dos VCR's é necessário assegurar que seus circuitos internos operem com adequados níveis de tensão e corrente. A interface entre a rede de energia da concessionária e os circuitos internos do vídeo-cassete, que faz a "conexão" destas grandezas elétricas, é uma fonte do tipo chaveada. Desta maneira, esta unidade se torna o elemento de maior importância, no que tange a investigação da sensibilidade e suportabilidade do vídeo cassete, devido a sua susceptibilidade às anomalias presentes na tensão de fornecimento. Inseridos neste contexto, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos [2], [3] e [4].

Dentro do exposto, o presente trabalho tem por meta investigar o desempenho de fontes chaveadas, com ênfase ao aparelho de vídeo-cassete submetido a uma rede com características não-ideais, onde podem ser encontradas distorções harmônicas, flutuações de tensão (*Flicker*), interrupções de tensão, variações de tensão de curta duração (VTCD's) e transitórios oscilatórios de tensão. A partir destas investigações e em observância aos fenômenos de maior influência funcional destes dispositivos, são também feitas considerações sobre os limites de sensibilidade/suportabilidade operacional do equipamento enfocado. Estas informações, embora ainda embrionárias, destinam-se, dentre outros aspectos, a subsidiar tecnicamente os impactos dos distúrbios sobre equipamentos quando das análises dos pedidos de ressarcimento por danos físicos nos dispositivos eletroeletrônicos. Vale ressaltar que a metodologia adotada para os estudos, bem como algumas considerações acerca dos resultados obtidos, podem contemplar vários outros equipamentos que empregam uma fonte desta natureza em seu circuito de alimentação (entrada).

## 2 Metodologia Adotada

Para atingir os propósitos deste estudo, foram realizados ensaios experimentais e simulações computacionais no equipamento contemplado. Para a realização dos trabalhos experimentais optou-se pela utilização de um aparelho de vídeo cassete HI-FI, estéreo, modelo VC-X694, fabricado pela Semp-Toshiba. Este é um dos produtos comumente encontrados no comércio.

A estratégia empregada para os estudos de desempenho do equipamento foi a de estabelecer termos comparativos entre os resultados que expressam as suas características operativas elétricas mais significativas. Neste sentido, as verificações experimentais e os estudos computacionais enfocaram o comportamento das seguintes grandezas:

- Tensão CA de alimentação;
- Corrente CA de alimentação;
- Tensão no elo CC (+Vcc).

Os resultados computacionais foram confrontados com os correspondentes ensaios laboratoriais, com o objetivo de validar a modelagem implementada. Posteriormente, o equipamento foi submetido aos diversos itens de qualidade já relacionados.

### 2.1 Estudos Computacionais

O circuito elétrico simplificado do vídeo cassete encontra-se ilustrado na figura 1. Através desta, é possível localizar e identificar as grandezas elétricas analisadas nas investigações. A implementação computacional deste circuito foi realizada no simulador *SABER*.

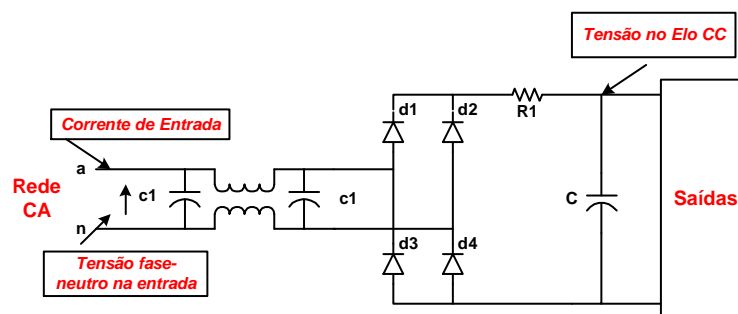


Figura 1 – Circuito elétrico simplificado do vídeo-cassete

Na figura, o bloco que resume os arranjos eletrônicos de saídas e acionamentos é tratado na forma de uma impedância equivalente para a qual atribuir-se-á níveis de suportabilidade determinados pelos dispositivos mais sensíveis.

## 2.2 Estudos Experimentais

Para a realização dos ensaios experimentais foi utilizada uma fonte de alimentação especial, de fabricação HP, modelo HP6834A, trifásica, com potência de 4,5 kVA. Outro equipamento empregado foi um Osciloscópio/Multímetro Digital Portátil, da marca TEKTRONIX, modelo THS720P.

A figura 2 mostra, de forma esquemática, o arranjo experimental empregado, onde se constata os equipamentos utilizados e suas conexões ao dispositivo eletrônico estudado.

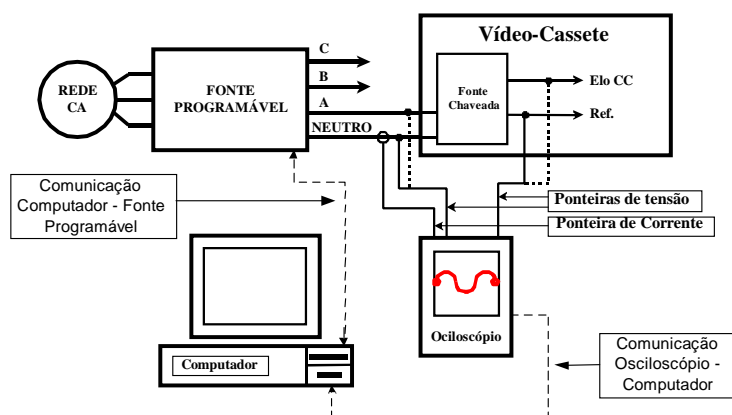


Figura 2 – Montagem experimental para a realização dos testes

Os testes foram conduzidos mantendo-se o aparelho de vídeo cassete operando no modo “PLAY” por ser este o modo de operação mais utilizado. Esta estratégia não compromete a qualidade dos estudos realizados, uma vez que, outros modos de operação, tais como “REW” e “FF” implicariam apenas em alterações na potência consumida pelo equipamento. Além disso, optou-se por estudar o funcionamento do equipamento sob alimentação em 127V, embora os estudos pudessem ser realizados com suprimento em 220V.

## 2.3 Casos Estudados

No intuito de conhecer o comportamento do vídeo-cassete operando sob condições adversas de alimentação, foi realizado uma série de estudos, cujas características estão contempladas na tabela 1, baseada na referência [5].

Tabela 1 – Casos Estudados

Caso	Características
1 – Condições Nominais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão fundamental de 127 V, fase-neutro, rms, 60 Hz;</li> </ul>
2 – Harmônicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão fundamental de 127 V, fase-neutro, rms, 60 Hz;</li> <li>Distorção harmônica composta, DHT = 20%;</li> <li>Sinal constante ao longo do tempo;</li> <li>Duração do ensaio de 30 min.</li> </ul>
3 – Afundamento temporário de tensão (sag)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão nominal de 127 V, fase-fase, rms, 60 Hz;</li> <li>Afundamento para 60% da tensão nominal;</li> <li>Duração do evento de 10 ciclos.</li> </ul>

Caso	Características
4 – Interrupção de tensão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão nominal de 127 V, fase-fase, rms, 60 Hz;</li> <li>Interrupção da tensão nominal;</li> <li>Duração do evento de 9 ciclos.</li> </ul>
5 – Elevação temporária de tensão (swell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão nominal de 127 V, fase-fase, rms, 60 Hz;</li> <li>Elevação para 120% da tensão nominal;</li> <li>Duração do evento de 10 ciclos.</li> </ul>
4 – Transitórios de tensão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valor de pico da tensão oscilatória de 430V;</li> <li>Frequência de oscilação de 1 kHz;</li> <li>Constante de tempo equivalente a ½ ciclo da frequência fundamental</li> </ul>

### 3 Análise de Desempenho do Vídeo Cassete

O objetivo desta seção é avaliar o desempenho do vídeo-cassete, sob o prisma da qualidade de energia de suprimento. De uma maneira geral, os resultados obtidos para cada caso estudado serão apresentados em duas partes, sendo a primeira experimental e, na seqüência, a computacional.

#### 3.1 Alimentação Senoidal: Caso 1

Esta primeira análise, em condições nominais, tem por objetivo servir como caso base, comparativamente aos casos subsequentes, e também como forma de validação do modelo computacional implementado.

As formas de onda apresentadas nas figuras 3 e 4 correspondem, respectivamente, à tensão de alimentação e a corrente suprida pelo vídeo-cassete, obtidas experimental e computacionalmente.

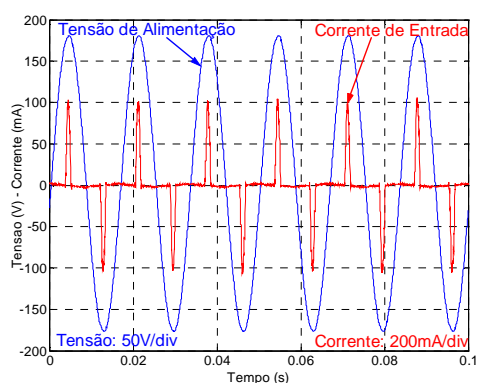


Figura 3 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação senoidal – Experimental

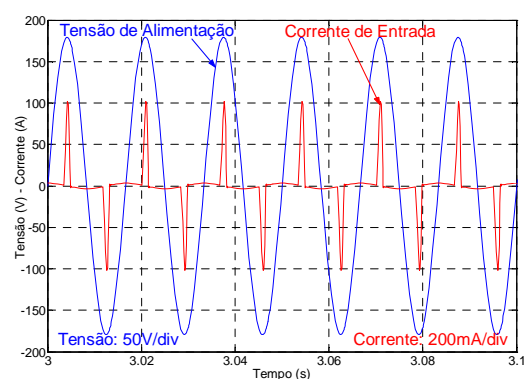


Figura 4 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação senoidal – Computacional

As formas de onda da tensão contínua no elo CC são apresentadas nas figuras 5 e 6, também associadas aos estudos experimentais e computacionais.

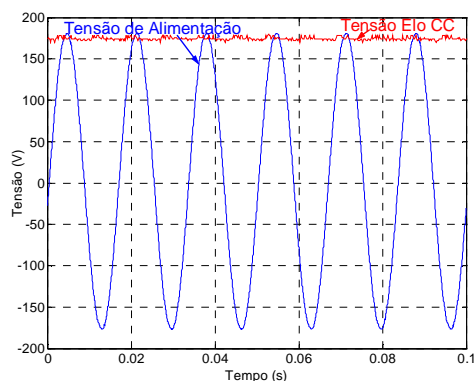


Figura 5 - Forma de onda da tensão no elo CC – Experimental

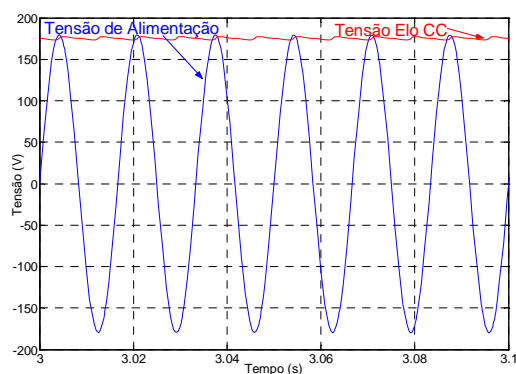


Figura 6 – Forma de onda da tensão no elo CC – Computacional

Observa-se, nas figuras apresentadas, a concordância entre as formas de onda obtidas, bem como seus valores eficazes e de pico, fato que implica na validação do modelo implementado computacionalmente.

### 3.2 Distorção Harmônica de Tensão: Caso2

Esta etapa contempla o desempenho do vídeo-cassete, quando este é alimentado por uma rede contendo uma forte distorção harmônica na tensão. O valor do DHT presente na tensão de alimentação encontra-se em torno de 20 %. Este nível, como se sabe, é bastante rigoroso em relação aos padrões normalmente encontrados nas redes elétricas. Não obstante este reconhecimento, não se pode ignorar que, em pontos de alimentação terminais, valores como este podem ser encontrados. Além disto, vale ressaltar que vários outros níveis de distorções inferiores foram empregados sem que se registrasse qualquer anomalia que merecesse destaque.

As figuras 7 e 8 correspondem à tensão de alimentação e a corrente suprida pelo equipamento, segundo as estratégias experimental e computacional, respectivamente.

No que tange ao comportamento da tensão no elo CC, os resultados procedentes dos testes experimentais e simulação digital encontram-se ilustrados nas figuras 9 e 10, respectivamente.

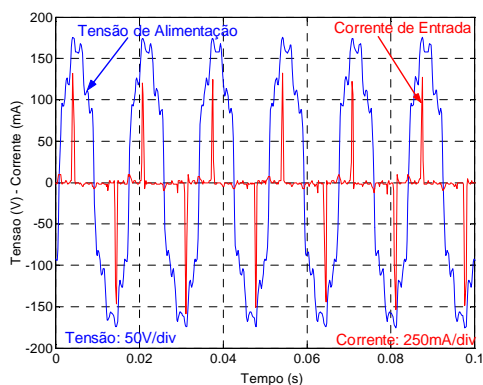


Figura 7 - Tensão de entrada e Corrente solicitada para alimentação contendo distorção harmônica total (DHT) de 20% – Experimental

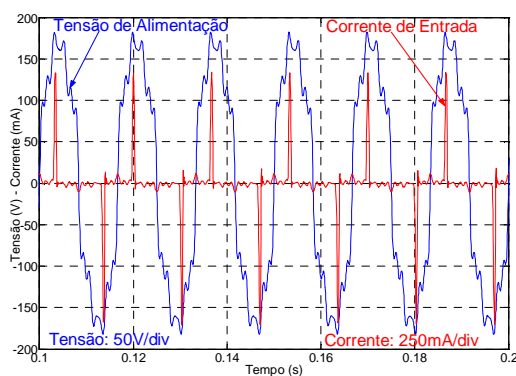


Figura 8 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação contendo distorção harmônica total (DHT) de 20% – Computacional

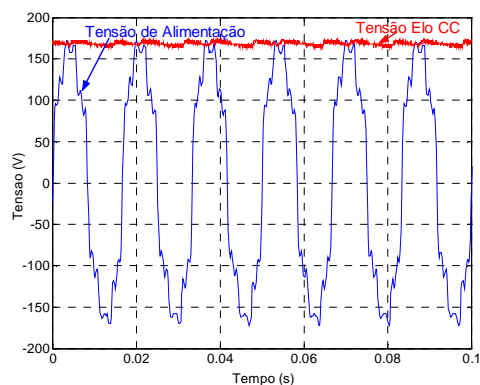


Figura 9 - Tensão no Elo CC para alimentação contendo distorção harmônica total (DHT) de 20% – Experimental

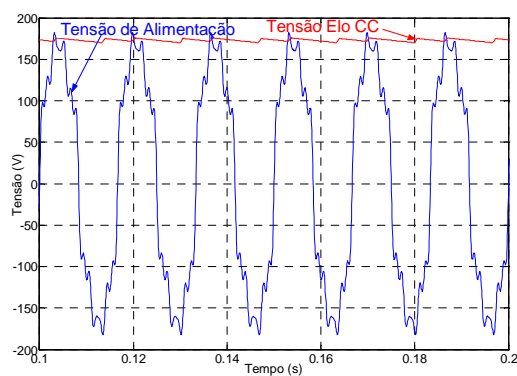


Figura 10 - Tensão de entrada e no Elo CC para alimentação contendo distorção harmônica total (DHT) de 20% - Computacional.

Comparando-se com as formas de onda obtidas para a condição de alimentação senoidal, percebe-se que o alto grau de distorção harmônica na tensão provocou um aumento no valor de pico da corrente, enquanto que a tensão no elo CC não sofreu nenhuma alteração. Para este caso, não foi detectada nenhuma anomalia no funcionamento do aparelho.

### 3.3 Flutuação de Tensão (Flicker): Caso2

Um outro tipo de distúrbio a ser contemplado refere-se à resposta do aparelho de vídeo cassette perante um suprimento contendo flutuações de tensão.

As figuras 11 a 14 compreendem os resultados obtidos para os ensaios experimentais e as simulações digitais realizadas. A fonte de suprimento disponibilizou uma excitação contendo flutuações de tensão responsáveis por um nível de PST=5 $\mu$ p. Este, como já mencionado, supera em muito os padrões freqüentemente encontrados nas redes elétricas.

As figuras 11 e 12 indicam os oscilogramas da tensão aplicada (Tensão de alimentação) juntamente com a corrente total consumida pela carga (Corrente de entrada) para o caso experimental e computacional, respectivamente.

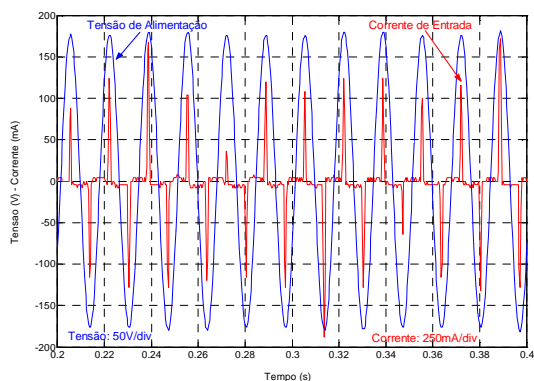


Figura 11 - Tensão de alimentação e corrente de entrada para um suprimento de tensão contendo flutuação de tensão: PST=5 – Experimental

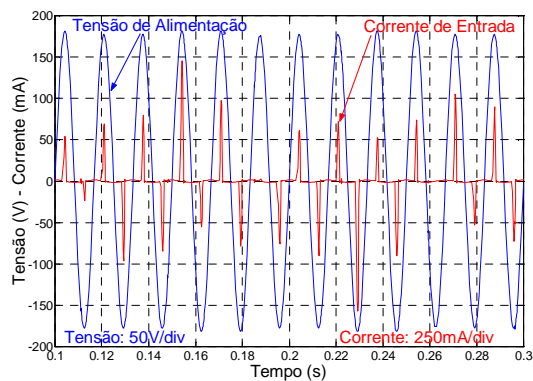


Figura 12 - Tensão de entrada e Corrente solicitada para alimentação contendo flutuação de tensão: PST=5 $\mu$ p – Computacional

Para esta condição de suprimento, a corrente na entrada do equipamento apresenta variações em seu valor de pico. Estas estão associadas à frequência de modulação imposta à tensão de suprimento. Sob tal tipo de distúrbio não foi verificada nenhuma alteração no funcionamento do VCR.

No que tange à tensão no elo de corrente contínua, as figuras 13 e 14 ilustram o seu comportamento, experimental e computacionalmente, quando da aplicação do fenômeno em questão.

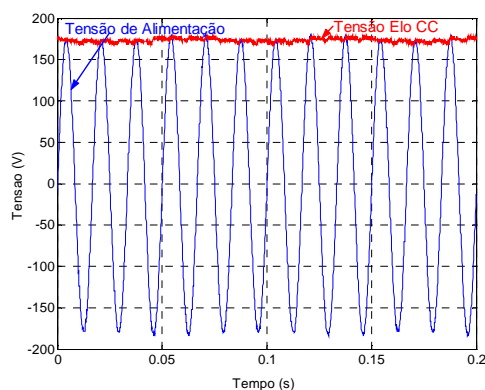


Figura 13 - Tensão no elo CC para alimentação contendo flutuação de tensão: PST=5pu – Experimental

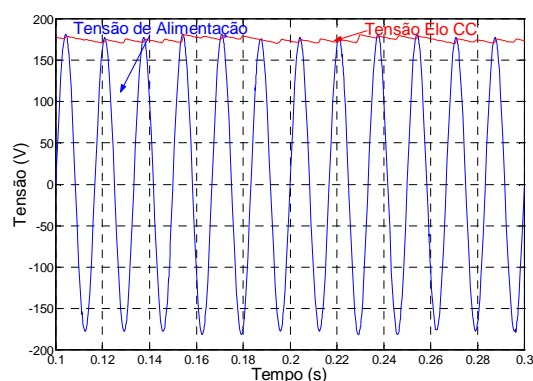


Figura 14 - Tensão no elo CC para um suprimento de tensão contendo flutuação de tensão: PST=5 – Computacional

Como pode ser visto nas figuras apresentadas, as formas de onda obtidas na simulação computacional e nas medições apresentam uma boa correlação qualitativa e quantitativa.

### 3.4 Afundamento de tensão: Caso 4

Este caso tem por objetivo, analisar o comportamento do vídeo-cassete quando este é submetido a um suprimento contendo afundamento de tensão para 60% da tensão nominal com duração de 10 ciclos. Várias outras situações foram estudadas para distintos níveis e duração para o fenômeno ora estudado.

As figuras 15 e 16 ilustram o comportamento experimental e computacional do dispositivo, contemplando as formas de onda da tensão de suprimento e da corrente de regime solicitada pelo mesmo.



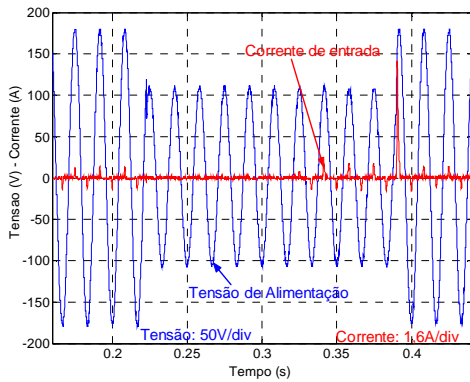


Figura 15 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação contendo afundamento temporário de tensão, 60% 10 ciclos - Experimental

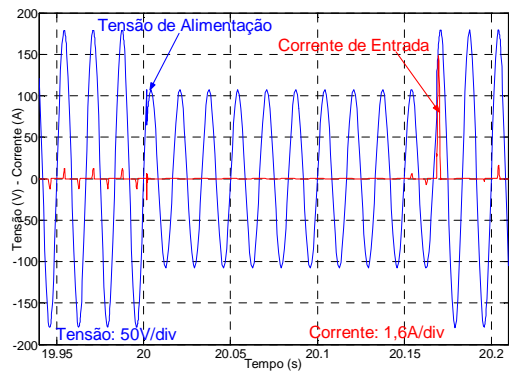


Figura 16 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação contendo afundamento temporário de tensão, 60% 10 ciclos - Computacional

As figuras 17 e 18 correspondem ao comportamento da tensão de alimentação e da tensão no elo CC, obtido pelo método experimental e computacional, respectivamente.

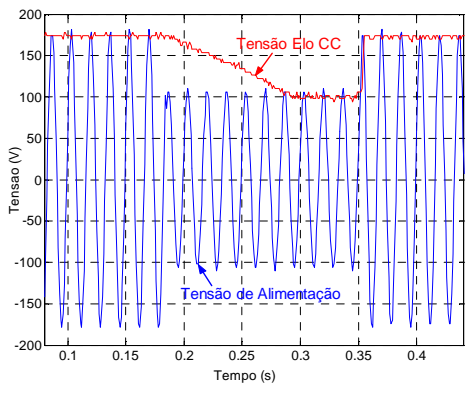


Figura 17 - Tensão de entrada e no Elo CC para alimentação contendo afundamento temporário de tensão, 60% 10 ciclos Experimental.

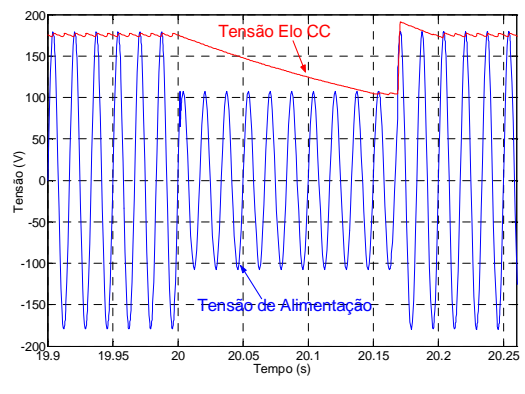


Figura 18 - Tensão de entrada e no Elo CC para alimentação contendo afundamento temporário de tensão, 60% 10 ciclos Computacional.

Observa-se nas figuras 15 e 16 que a corrente de entrada do dispositivo, perante o afundamento da tensão, praticamente se anula em função da polarização reversa dos diodos que compreendem a ponte retificadora. No momento em que a tensão no elo de corrente contínua alcança o mesmo patamar da tensão de alimentação, figuras 17 e 18, a ponte retificadora volta ao regime de condução normal e a corrente começa a fluir novamente. Uma vez restabelecida a tensão, conforme retratado pelas figuras correspondentes, ocorre um pico de corrente em torno de 10 vezes o valor nominal, devido à recarga do capacitor, restabelecendo a condição de regime permanente em seguida, levando para isto alguns ciclos.

Vale ressaltar que, nos testes realizados com aplicação de afundamentos de tensão com as características descritas na tabela 1, o dispositivo em estudo apresentou tolerância elevada não acusando qualquer anomalia em sua operação.

### 3.5 Interrupção de Tensão: Caso 5

Os estudos experimentais e computacionais realizados nesta seção objetivam analisar o desempenho do aparelho de vídeo cassete sob condições de interrupção do fornecimento de energia elétrica. Para tanto, a estratégia idealizada foi alimentar o equipamento em estudo com valor nominal de tensão e provocar interrupções no suprimento, com durações variando de um ciclo até o seu limite de suportabilidade operacional, que foi de 9 ciclos. As figuras 19 e 20 ilustram os oscilogramas da tensão de suprimento e da corrente solicitada pelo dispositivo, obtidos pelos métodos experimental e computacional, quando aplicada uma interrupção plena com duração de 9 (nove) ciclos.

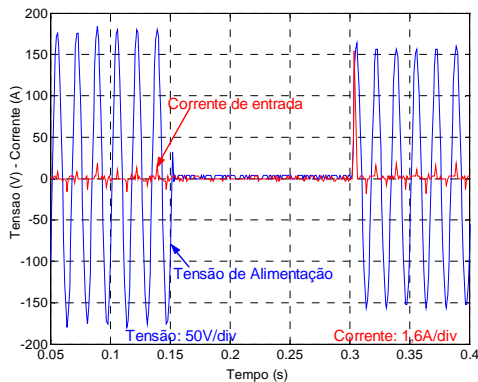


Figura 19 - Tensão de alimentação e corrente de entrada para interrupção do fornecimento de energia, alimentação de 0% da tensão nominal, com duração de 9 ciclos – Experimental

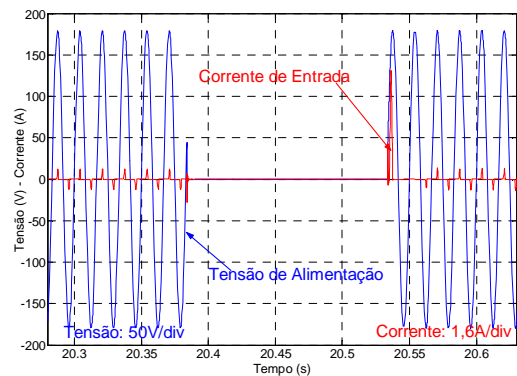


Figura 20 - Tensão de alimentação e corrente de entrada para interrupção do fornecimento de energia, alimentação de 0% da tensão nominal, com duração de 9 ciclos – Computacional

As figuras 21 e 22 ilustram as formas de onda da tensão de alimentação e da tensão no elo CC do aparelho, obtidas pelo método experimental e computacional, respectivamente, para o mesmo caso de interrupção analisado neste item.

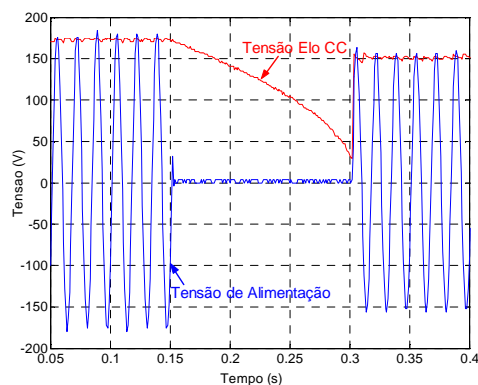


Figura 21 - Tensão de alimentação e tensão no elo CC para interrupção do fornecimento de energia, alimentação de 0% da tensão nominal, com duração de 9 ciclos – Experimental

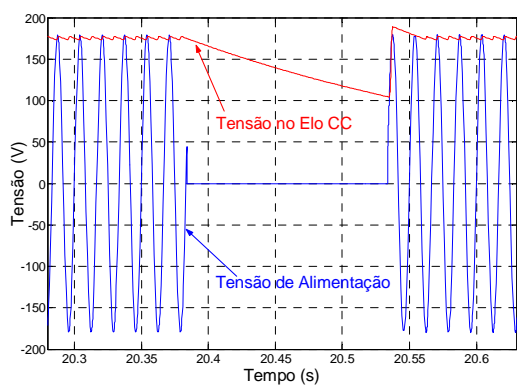


Figura 22 - Tensão de alimentação e tensão no elo CC para interrupção do fornecimento de energia, alimentação de 0% da tensão nominal, com duração de 9 ciclos Computacional

Observa-se que, no instante da aplicação da interrupção, a corrente na entrada do VCR se anula, permanecendo nesta situação enquanto perdura o distúrbio. Esta observação é atribuída à polarização reversa dos diodos da retificação. No instante do restabelecimento da tensão aos padrões de regime

permanente ocorre um pico de corrente bastante considerável, de 6 a 8 vezes o seu valor sob condições normais de operação.

Com relação à tensão no elo CC, verifica-se uma repetição do que se observou para o caso já apresentado de afundamento de tensão, ou seja, uma queda na tensão no elo CC. Entretanto, antes que esta grandeza atingisse o valor da tensão de alimentação durante o evento, que nesta ocasião é zero, a interrupção foi extinta. Conseqüentemente, o equipamento não sofreu nenhuma alteração em seu funcionamento, pelo fato do capacitor situado na entrada do equipamento ter suprido a alimentação dos circuitos internos do aparelho durante a interrupção.

### 3.6 Interrupção de Tensão: Caso 6

Este item tem por objetivo verificar o desempenho VCR, pelos métodos experimental e computacional, quando o dispositivo é submetido a uma elevação momentânea de tensão. A figura 23 ilustra a forma de onda da tensão de suprimento, contendo uma elevação temporária de tensão para 120% da tensão nominal, com duração de 10 ciclos. A respectiva corrente solicitada pelo aparelho de vídeo cassete, resultante da alimentação imposta, também é ilustrada. A figura 24 ilustra as formas de onda da tensão de suprimento e da corrente do dispositivo, para o caso computacional.

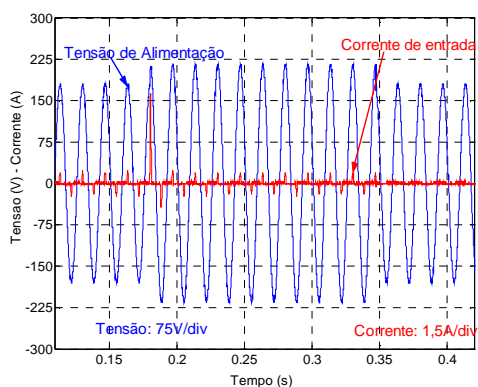


Figura 23 - Tensão de alimentação e corrente de entrada sob elevação momentânea de tensão para 120% da tensão nominal com duração de 10 ciclos – Experimental

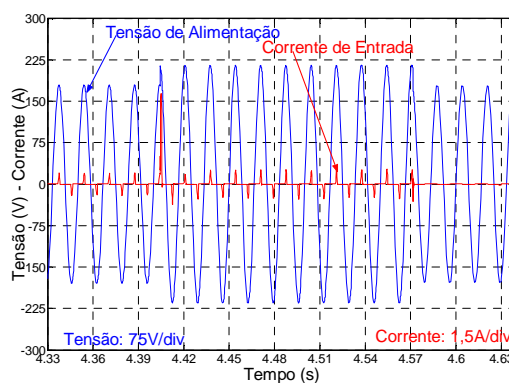


Figura 24 - Tensão de alimentação e corrente de entrada sob elevação momentânea de tensão para 120% da tensão nominal com duração de 10 ciclos –Computacional

As figuras 25 e 26 ilustram as formas de onda da tensão de alimentação e da tensão no elo CC do aparelho, obtidas pelo método experimental e computacional, respectivamente, para o mesmo caso de elevação momentânea de tensão analisado neste item.

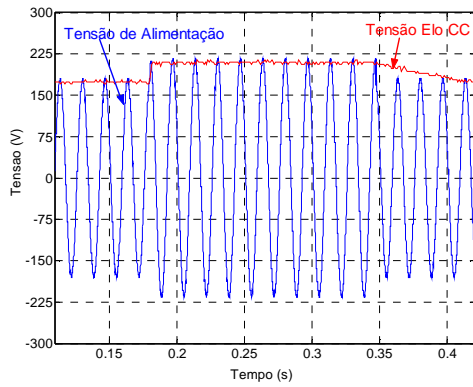


Figura 25 - Tensão no elo CC e tensão de alimentação sob uma elevação momentânea de tensão para 120% da tensão nominal, com duração de 10 ciclos – Experimental

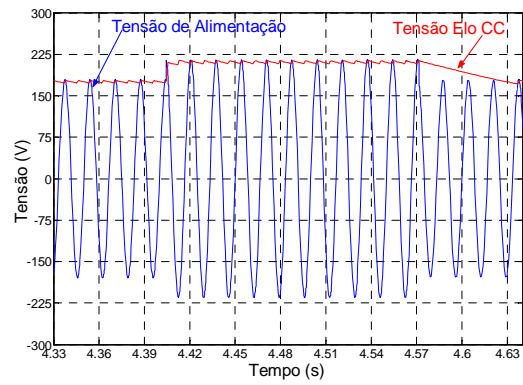


Figura 26 - Tensão no elo CC e tensão de alimentação sob uma elevação momentânea de tensão para 120% da tensão nominal, com duração de 10 ciclos - Computacional

Observa-se, nas figuras 23 e 24, que no instante da elevação da tensão ocorre um pico de corrente, de aproximadamente 6 (seis) vezes o valor nominal. Isto se deve à natureza construtiva e operacional do capacitor existente no elo CC do equipamento. Ao término da perturbação a corrente se anula por alguns ciclos, devido à polarização reversa dos diodos da ponte retificadora, assumindo os valores de regime permanente em seguida.

Esse fenômeno se reflete na tensão do elo CC, tendo como resultado o comportamento ilustrado nas figuras 25 e 26, qual seja, um aumento no valor médio desta grandeza. Os resultados mostram-se semelhantes para ambos os métodos utilizados.

### 3.7 Transitório oscilatório: Caso 7

Esta etapa consiste em analisar o desempenho do vídeo-cassete, quando submetido a uma elevação transitória de tensão.

A figura 27 descreve o comportamento da tensão de alimentação e da corrente solicitada pelo dispositivo estudado, ante ao distúrbio enfocado, obtido experimentalmente. A correspondente situação computacional encontra-se destacada na figura 28.

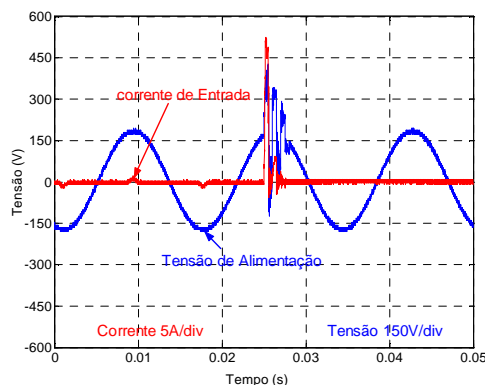


Figura 27 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação contendo Transitório Oscilatório – Experimental.

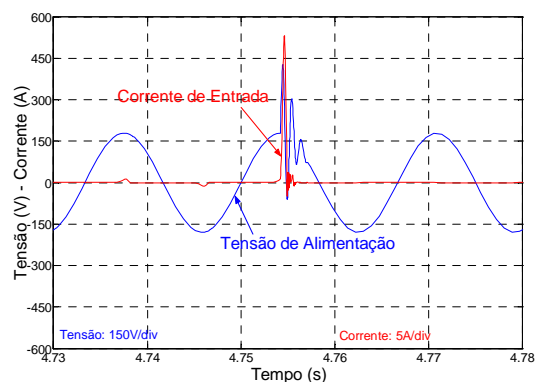


Figura 28 - Tensão de entrada e corrente solicitada para alimentação contendo Transitório Oscilatório – Computacional.

Na seqüência são apresentadas as figuras 29 e 30. Estas mostram, respectivamente, os oscilogramas da tensão no elo CC para o ensaio experimental e computacional.

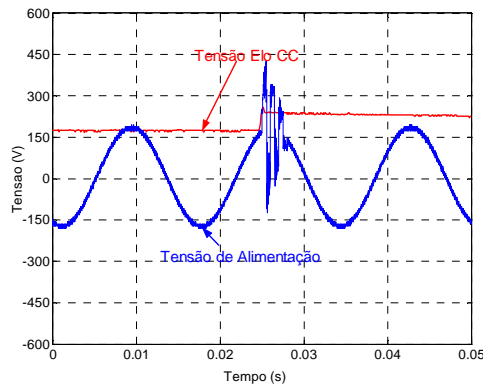


Figura 29 - Tensão de entrada e no Elo CC para alimentação contendo Transitório Oscilatório – Experimental.

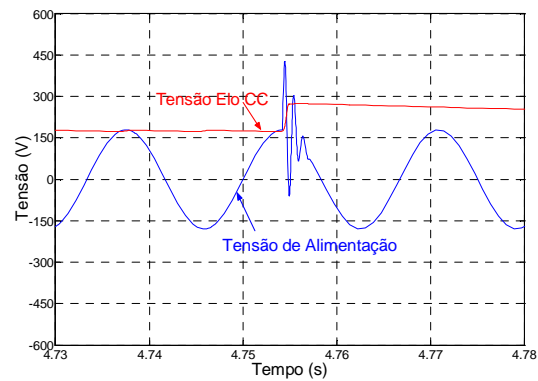


Figura 30 - Tensão de entrada e no Elo CC para alimentação contendo Transitório Oscilatório – Computacional.

Observa-se, pelas figuras, que o vídeo cassete solicita um elevado pico de corrente em resposta à elevação súbita na tensão de fornecimento. Não obstante esta corrente tenha alcançado valores exorbitantes, cerca de 38 (trinta e oito) vezes o valor nominal, nenhuma anormalidade foi verificada quanto ao funcionamento deste equipamento. Todavia, esse pico de corrente pode vir a danificar os semicondutores do circuito de alimentação, considerando que a corrente nominal do equipamento é da ordem de miliamperes.

A tensão no elo CC apresenta uma pequena elevação em seu nível médio no instante da aplicação do transitório de tensão.

#### 4 Sensibilidade e Suportabilidade Operacional do Vídeo Cassete

Para a obtenção da curva de sensibilidade e suportabilidade operacional do vídeo-cassete, foram considerados os pontos em que o mesmo apresentou algum tipo de anomalia em seu funcionamento, quando submetido a afundamentos de tensão ou interrupções. O comportamento operativo do equipamento focado é ilustrado na figura 31.

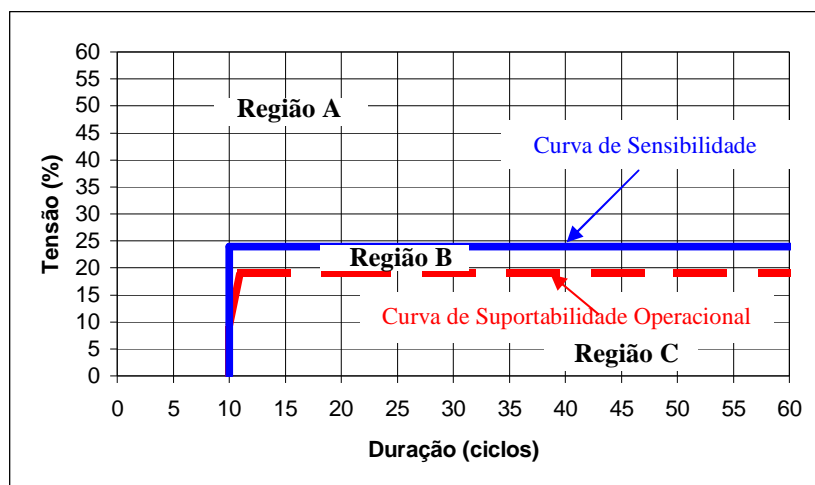


Figura 31 - Curvas de sensibilidade e suportabilidade operacional do vídeo-cassete para afundamentos momentâneos de tensão e interrupções

A curvas de sensibilidade e suportabilidade operacional, ilustradas na figura 19, originam três regiões distintas. A região “A” está associada ao funcionamento normal do dispositivo, mesmo para valores de tensão abaixo da nominal. A região “B” define uma área em que algum tipo de sensibilidade operativa foi constatado, como o surgimento de ruídos audíveis e deficiência em sua projeção de imagens. A delimitação definida por região “C” está relacionada com o desligamento completo do equipamento.

## 5 Conclusões

Este artigo apresentou as estratégias necessárias para atingir as metas e objetivos propostos, pautados na realização de estudos experimentais e computacionais. Desta forma, as investigações realizadas permitem extrair as conclusões seguintes:

Em todos os casos estudados verificou-se grande semelhança entre os resultados obtidos pelo método experimental e computacional, validando o programa computacional e a modelagem implementada.

As curvas de sensibilidade e suportabilidade operacional podem ser obtidas com confiabilidade através de simulações, destacando ser fundamental o conhecimento exato dos parâmetros reais do circuito representativo do equipamento a ser analisado.

Em todas as situações analisadas, o vídeo-cassete estudado mostrou-se extremamente insensível, no que diz respeito aos seus aspectos operacionais. Todavia, os distúrbios aplicados proporcionaram, às grandezas observadas, variações de ordem qualitativas e quantitativas consideráveis. Estas variações, principalmente no que tange à corrente de entrada, que assume elevados valores de pico em alguns casos, representam riscos potenciais para a danificação das partes mais sensíveis do aparelho enfocado.

O equipamento estudado suporta afundamentos momentâneos de tensão e interrupções durante alguns ciclos. Este “tempo de suportabilidade” pode aumentar ou diminuir com o tempo de descarga do capacitor do elo CC e com a variação da potência da carga.

A metodologia adotada e alguns dos resultados apresentados neste artigo podem contemplar vários outros equipamentos que possuem fonte chaveada em seu circuito de alimentação (entrada).

## **6 Referências Bibliográficas**

- [1] Dugan, R. et al. (1996). “Electrical Power System Quality”, McGraw-Hill, USA.
  
- [2] Tavares, Carlos Eduardo, (2004). “Modelagem e Análise de Desempenho de Equipamentos Eletroeletrônicos diante de Distúrbios da Qualidade da Energia – Enfoque: Televisores, VCR’s e Som”, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, maio de 2004.
  
- [3] Stephen B. Smith, Ronald B. Standler, “The Effects of Surges on Electronic Appliances”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. nº 3, July 1992.
  
- [4] E. F. Fuchs, D.J Roesler, K. P. Kovacs. “Sensitivity of Home appliances to Harmonics, and Fractional Harmonics of the Power System’s Voltage. Part II: Television sets, Induction Watthour Meters and Universal Machines”, 1<sup>o</sup> International Conference on Harmonics in Power Quality in Power Systems, Worcester Polytechnic Institute, October 1984
  
- [5] Teixeira, Mateus Duarte, (2003). “Uma estrutura Laboratorial para Testes de Desempenho de Equipamentos no Contexto da Qualidade da Energia”, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, julho de 2003.